

# Block 2

Kapitel 9 – 10

# Inhalt

1.	Einführung .....	1
2.	Zur Entwicklung der Kraftmaschinen mit Dampftrieb im deutschsprachigen Raum .....	3
2.1	Die Anfänge .....	3
2.2	Vom Handwerk zur Maschinenfabrik .....	11
2.3	Die ersten Dampfmaschinen im deutschsprachigen Raum .....	15
2.4	Die ersten ortsveränderlichen Kraftmaschinen in England und Frankreich .....	21
2.5	Die ersten ortsveränderlichen Kraftmaschinen im deutschsprachigen Raum .....	33
3.	Versuch einer Abgrenzung .....	43
3.1	Betrachtungsrahmen .....	43
3.2	Kraftmaschinen und Lokomobilen .....	44
4.	Übersicht der Hersteller von Lokomobilen im deutschsprachigen Raum .....	47
4.1	Quellenlage und Vollständigkeit .....	47
4.2	Übersicht der Lokomobilenhersteller und Hersteller von anderen ortsveränderlichen Kraftmaschinen .....	50
4.3	Gegenüberstellung einiger fahrbarer Lokomobilen .....	54
5.	Die Morphologie der ortsveränderlichen Kraftmaschinen und Lokomobilen .....	57
5.1	Vielfalt und Ordnung .....	57
5.2	Ordnungsparameter des morphologischen Systems .....	58
5.2.1	Allgemeine Ordnungsparameter der Lokomobilen und anderer ortsveränderlicher Kraftmaschinen .....	58
5.2.2	Ordnen der Gesichtspunkte für die Spaltenbenennung .....	59
5.2.3	Ordnen der Gesichtspunkte für die Zeilenbenennung .....	61
5.3	Das morphologische System der Lokomobilen und anderer ortsveränderlicher Kraftmaschinen .....	62
6.	Die Brennmaterialien .....	65
6.1	Bemerkung .....	65
6.2	Feste Brennstoffe .....	65
6.3	Flüssige Brennstoffe .....	69
6.4	Gasförmige Brennstoffe .....	71
7.	Die Feuerungen .....	73
7.1	Der allgemeine Verbrennungsprozess .....	73
7.2	Die Feuerung mit festen Brennstoffen .....	75
7.2.1	Bemerkung .....	75
7.2.2	Die Hauptteile der Feuerung .....	77
7.2.3	Die Feuerungsarten .....	81
7.2.3.1	Unterscheidungsmerkmale .....	81
7.2.3.2	Lage des Feuerbetts .....	81
7.2.3.3	Grad der Vollkommenheit der Verbrennung .....	83
7.2.3.4	Art der Verbrennungsluftführung .....	83
7.2.3.5	Art der Beschickung mit Brennstoffen .....	84

7.2.4	Die Rostfeuerungen .....	85
7.2.5	Andere Feuerungen .....	89
7.3	Die Feuerung mit flüssigen Brennstoffen .....	89
7.4	Die Feuerung mit gasförmigen Brennstoffen .....	92
8.	Das Speisewasser .....	93
8.1	Bemerkung .....	93
8.2	Speisewasser .....	94
8.3	Reinigung und Behandlung des Speisewassers .....	95
8.3.1	Allgemeine mechanische Reinigung .....	95
8.3.2	Chemische Reinigung und Speisewasser-Aufbereitung bei fahrbaren Lokomobilen .....	95
8.3.3	Chemische Speisewasser-Aufbereitung bei Halblokomobilen .....	97
8.3.4	Speisewasseraufbereitung bei Verwendung von Kondensatwasser .....	98
9.	Der Aufbau der Lokomobilen .....	99
9.1	Die wesentlichen Baugruppen .....	99
9.2	Baugruppen der verfahrbare Lokomobilen mit liegendem Kessel .....	101
9.3	Baugruppen der verfahrbare Lokomobilen mit stehendem Kessel .....	103
9.4	Baugruppen der auf Gleisen verfahrbaren Lokomobilen .....	105
9.5	Baugruppen der versetzbaren Lokomobilen (Halblokomobilen) .....	106
9.6	Baugruppen der verschiebbaren Lokomobilen (Halblokomobilen) .....	108
9.7	Baugruppen der mobilen Dampf-Kraftmaschinen kleiner Leistung .....	109
10.	Die Dampfkessel der Lokomobilen .....	111
10.1	Historische Entwicklung der Kesselbauarten bei Lokomobilen .....	111
10.2	Auslegung der Lokomobilenkessel .....	112
10.3	Liegende Kessel .....	115
10.3.1	Kofferkessel .....	115
10.3.2	Walzenkessel, Zylinderkessel .....	115
10.3.3	Flammrohrkessel .....	115
10.3.4	Rauchrohrkessel .....	118
10.3.5	Feuerbüchsenkessel .....	119
10.3.5.1	Grundlegende Bauarten .....	119
10.3.5.2	Lokomobilenkessel mit „vorgehenden“ Rauchrohren .....	120
10.3.5.3	Lokomobilenkessel mit „rückkehrenden“ Rauchrohren .....	126
10.3.5.4	Lokomobilenkesseln mit besonderen Feuerbüchsenkonstruktionen .....	126
10.3.6	Liegende Wasserrohrkessel .....	126
10.3.7	Kombinierte Kessel .....	126
10.4	Stehende Kessel .....	127
10.4.1	Kessel mit stehender Feuerbüchse und Quersiederrohren (Quersiedekessel) .....	127
10.4.2	Kessel mit stehender Feuerbüchse und Heizrohren (Heizrohrkessel) .....	130
10.4.3	Kessel mit stehender Feuerbüchse und Wasserrohren .....	132
10.4.4	Stehende Wasserrohrkessel .....	134
10.4.5	Kessel-Sonderbauarten für ortsveränderliche Kraftmaschinen kleiner Leistung .....	135
10.5	Schnellverdampfende Kessel .....	137
10.6	Sofortverdampfende Kessel .....	139
10.7	Sonderbauformen .....	141

10.8	Rauchkammer und Kamin	143
10.8.1	Rauchkammern bei liegenden Kesseln	143
10.8.2	Rauchkammern bei stehenden Kesseln	145
10.9	Kesselsolierung	147
10.10	Sicherheitseinrichtungen bei Lokomobilkesseln	151
10.10.1	Bemerkung	151
10.10.2	Sicherheitsventile	153
10.10.3	Wasserstandsanzeiger	155
10.10.4	Probierhähne	159
10.10.5	Manometer	160
10.10.6	Schmelzsicherungen im Feuerraum	161
10.10.7	Speiserufer	161
10.10.8	Funkenfänger	162
10.10.9	Aschenlöscher	164
10.10.10	Signalpeife, Signalklappe	164
10.10.11	Dampfabsperrentile, Rohrbruchventile	165
10.11	Einrichtungen zum Füllen und Nachspeisen	167
10.11.1	Bemerkung	167
10.11.2	Druckerzeuger	169
10.12	Einrichtungen zur Reinigung und Pflege der Lokomobilkessel	176
10.12.1	Bemerkung	176
10.12.2	Mannlöcher, entfernbare Dampfdomdecke	177
10.12.3	Ausziehbarer Innenkessel, entfernbare Kesselteile	177
10.12.4	Schlämm- und Putzlöcher	178
10.12.5	Rauchkammertür	178
10.12.6	Feuertür	178
10.12.7	Ascheklappen	178
10.13	Ablasseinrichtungen	180
10.14	Einrichtungen zur Überhitzung des Dampfes	181
10.15	Einrichtungen zur Vorwärmung des Speisewassers	185
10.16	Beschickungseinrichtungen bei Lokomobilen	187
10.16.1	Anpassung der Lokomobile an die Brennstoffe	187
10.16.2	Passive Beschickungseinrichtungen ohne Anpassung der Lokomobile	187
10.16.3	Passive Beschickungseinrichtungen mit Anpassung der Lokomobile	188
10.16.4	Aktive Beschickungseinrichtungen	189
10.17	Abnahme der Lokomobilkessel	191
10.17.1	Historische Entwicklung	191
10.17.2	Gesetzliche Regelungen	195
11.	Die Lokomobilmaschinen	197
11.1	Historische Entwicklung der Lokomobilmaschinen	197
11.2	Auslegung der Lokomobilmaschinen	199
11.3	Bauartenübersicht der Lokomobilmaschinen	203
11.4	Steuerungen der Lokomobilmaschinen	215
11.4.1	Bemerkung	215
11.4.2	Elemente der inneren Steuerung	217
11.4.2.1	Flachschiebersteuerungen	217
11.4.2.2	Rundschiebersteuerungen	229
11.4.2.3	Kombinierte Flach- und Rundschiebersteuerungen	230
11.4.2.4	Drehschiebersteuerungen	230

11.4.2.5	Ventilsteuerungen	230
11.4.2.6	Kolbenventilsteuerungen	231
11.4.2.7	Arbeitskolbensteuerungen	231
11.4.2.8	Drosselsteuerungen	231
11.4.3	Elemente der äußeren Steuerung	233
11.4.3.1	Exzenterantriebe mit unveränderlicher Exzentrizität, direkt wirkend	233
11.4.3.2	Exzenterantriebe mit unveränderlicher Exzentrizität, indirekt wirkend	233
11.4.3.3	Einfacher Exzenterantrieb mit manuell verstellbarer Exzentrizität	233
11.4.3.4	Doppelter Exzenterantrieb mit manuell verstellbarer Zuordnung	234
11.4.3.5	Achsenregulator	237
11.4.3.6	Fliehkraftregler	241
11.4.3.7	Elemente der äußeren Steuerung für Ventile	245
11.4.3.8	Elemente der äußeren Steuerung für Drehschieber	245
11.4.4	Änderung der Drehrichtung bei Lokomobilmaschinen	246
11.5	Liegende Lokomobilmaschinen	249
11.5.1	Bemerkung	249
11.5.2	Grundbauarten	250
11.5.3	Besonderheiten der Konstruktion	251
11.5.3.1	Gestelle, Rahmen, Grundplatten, Geradföhrungen	251
11.5.3.2	Dampfzylinder, Zylinderdeckel und Kolben	259
11.5.3.3	Pfeilstangen (Treibstangen, Schubstangen)	269
11.5.3.4	Kurbel, Kurbelwelle	272
11.5.3.5	Kurbelwellenlager	275
11.5.4	Beispiele liegender Lokomobilmaschinen	277
11.5.4.1	Maschinen verfahrbarer Lokomobile	277
11.5.4.2	Maschinen der Halblokomobile	280
11.5.4.3	Maschinen für Kesseldampfmaschinen, Gewerbe- und Hausmaschinen	282
11.5.4.4	Sonderbauarten von Lokomobilmaschinen	283
11.5.5	Lokomobilmaschinen mit Kurbelschleifenantrieb	283
11.6	Stehende Lokomobilmaschinen	285
11.6.1	Bemerkung	285
11.6.2	Beispiele ausgeführter Maschinen	285
11.6.2.1	Maschinen verfahrbarer Lokomobile	285
11.6.2.2	Maschinen versetzbar oder verschiebbarer Lokomobile	293
11.6.2.3	Maschinen für Gewerbemotoren, Hausmaschinen u. a. m.	293
12	Die Untergestelle der Lokomobile	295
12.1	Bemerkung	295
12.2	Untergestelle verfahrbarer Lokomobile	296
12.2.1	Besonderheiten der Konstruktion	296
12.2.2	Untergestelle zweiachsiger Lokomobile mit liegendem Kessel	302
12.2.2.1	Zweiachsige Untergestelle mit Lenkachse	302
12.2.2.2	Zweiachsige Untergestelle ohne Lenkachse	302
12.2.3	Untergestelle zweiachsige Lokomobile mit stehendem Kessel	303
12.2.4	Untergestelle einachsiger Lokomobile	303
12.3	Untergestelle verfahrbarer Lokomobile mit Sonderfunktionen	305
12.4	Untergestelle verschiebbar oder versetzbarer Lokomobile	306
12.4.1	Bemerkung	306
12.4.2	Untergestelle verschiebbarer Lokomobile	306

12.4.3	Untergestelle versetzbarer Lokomobilen .....	308	18.	Lokomobilen für besondere Einsatzfälle .....	463
13.	Abdampfkondensation .....	311	18.1	Bemerkung .....	463
13.1	Bemerkung .....	311	18.2	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	463
13.2	Wirkungsweise der Kondensation .....	302	19.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Landwirtschaft .....	467
13.3	Kondensation bei Lokomobilen .....	313	19.1	Die Verbreitung und die besonderen Anforderungen an Kraftmaschinen in der Landwirtschaft .....	467
14.	Lokomobilen, bei denen Dampfkessel und Dampfmaschinen eine bauliche Einheit bilden .....	317	19.2	Einsatz der Lokomobilen bei der Bodenkultur und Ernte .....	469
14.1	Bemerkung .....	317	19.3	Einsatz der Lokomobilen bei allgemeinen Hofarbeiten .....	471
14.2	Verfahrbare Lokomobilen auf zweiachsigen Rädergestellen .....	317	20.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Forstwirtschaft .....	475
14.2.1	Zweiachsige Lokomobilen mit lenkbarer Vorderachse .....	317	20.1	Die besonderen Anforderungen an Kraftmaschinen in der Forstwirtschaft .....	475
14.2.1.1	Lokomobilen mit liegendem Kessel .....	317	20.2	Einsatz der Lokomobilen bei stationären Arbeiten .....	476
14.2.1.2	Beispiele ausgeführter Maschinen mit liegendem Kessel .....	318	20.3	Einsatz der Lokomobilen bei Arbeiten im Wald .....	478
14.2.1.3	Lokomobilen mit stehendem Kessel .....	359	21.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen im Handel und Gewerbe .....	479
14.2.1.4	Beispiele ausgeführter Maschinen mit stehendem Kessel .....	360	21.1	Die besonderen Anforderungen an Kraftmaschinen im Handel und Gewerbe .....	479
14.2.1.5	Sonderbauformen .....	373	21.2	Einsatz der Lokomobilen .....	480
14.2.1.6	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	373	22.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Bauwirtschaft, im Straßen- und Tiefbau .....	483
14.2.2	Zweiachsige Lokomobilen ohne Lenkung .....	377	22.1	Die besonderen Anforderungen .....	483
14.3	Verfahrbare Lokomobilen auf einachsigen Rädergestellen .....	381	22.2	Einsatz der Lokomobilen .....	484
14.3.1	Bauarten .....	381	23.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in der Industrie .....	487
14.3.2	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	381	23.1	Die besonderen Anforderungen .....	487
14.4	Verfahrbare Lokomobilen auf Gleisen .....	388	23.2	Einsatz der Lokomobilen .....	488
14.4.1	Bemerkung .....	388	24.	Lokomobilen als Antriebsmaschinen in sonstigen Bereichen .....	491
14.4.2	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	388	24.1	Die besonderen Anforderungen .....	491
14.5	Verschiebbare oder versetzbare Lokomobilen .....	391	24.2	Einsatz der Lokomobilen in sonstigen Bereichen .....	491
14.5.1	Bemerkung .....	391	25.	Das Ende der Entwicklung von Lokomobilen im deutschsprachigen Raum .....	493
14.5.2	Bauarten der Halblokomo-bilen .....	393	25.1	Bemerkung .....	493
14.5.3	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	394	25.2	Ortsveränderliche elektrische Kraftmaschinen .....	493
14.5.4	Bauarten der Maschinen mit stehendem Kessel (Kesseldampfmaschinen) .....	419	25.3	Ortsveränderliche Kraftmaschinen mit Verbrennungsmotor .....	496
14.5.5	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	420	25.4	Ortsveränderliche Kraftmaschinen mit Druckwasserbetrieb .....	496
14.5.6	Sonderbauarten .....	440	26.	Quellen- und Literaturverzeichnis .....	497
14.6	Tragbare Lokomobilen .....	441	26.1	Allgemeine Hinweise .....	497
14.6.1	Bemerkung .....	441	26.2	Verwendete Literatur .....	498
14.6.2	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	441	26.3	Verzeichnis der Bildquellen .....	502
15.	Lokomobilen, bei denen Dampfkessel, Dampfmaschine und Arbeitsmaschine eine bauliche Einheit bilden .....	445	27	Anhänge .....	
15.1	Bemerkung .....	445	27.1	Gesetzliche Regelungen über Dampfkessel .....	
15.2	Ortsveränderung durch verfahrbare Maschinen auf Rädergestellen .....	445	27.2	Dienstvorschrift für Maschinisten .....	
15.3	Ortsveränderung durch verfahrbare Maschinen auf Gleisen .....	455	27.3	Vergleich der Maße verschiedener Länder mit dem metrischen Maß .....	
15.4	Ortsveränderung durch verschiebbare oder versetzbare Maschinen .....	456	27.4	Umrechnung einiger gebräuchlicher älterer Maße .....	
16.	Lokomobilen, bei denen Dampfkessel und Dampfmaschine zwei Baueinheiten bilden .....	457	27.5	Drücke und Gewichtseinheiten je Flächeneinheit .....	
16.1	Bemerkung .....	457	27.6	Pferdestärken .....	
16.2	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	457	27.7	Aufstellen und Einrichten einer Lokomobile .....	
17.	Lokomobilen, bei denen der Dampfkessel eine Baueinheit ist und die Dampfmaschine mit der Arbeitsmaschine eine zweite Baueinheit bilden .....	459			
17.1	Bemerkung .....	459			
17.2	Beispiele ausgeführter Maschinen .....	459			

## 9. DER AUFBAU DER LOKOMOBILEN

### 9.1 Die wesentlichen Baugruppen

Ein Überblick über die Vielzahl an Ausführungen bei Lokomobilen und den anderen ortsveränderlichen Kraftmaschinen wurde in den vorangegangenen Kapiteln gegeben. Wenn man den technischen Aufbau dieser Maschinen gattung beschreiben will, reichen einige typische „Bauarten“ aus. Zur Erläuterung ist ferner eine Beschränkung auf die wesentlichen und wiederkehrenden Baugruppen zweckmäßig. Im Kapitel 5 ist das gesamte Feld der ortsveränderlichen Maschinen nach Haupt-Unterscheidungsmerkmalen gegliedert worden. Für die Darstellung des Aufbaues der Lokomobilen kann die „Art der Ortsveränderung“ als Basis genommen werden. Im Einzelnen müssen die folgenden Maschinenausführungen betrachtet werden:

- Selbstfahrende Maschinen, bei denen der Dampfkessel und die Dampfmaschine eine bauliche Einheit bilden. Der eigene Antrieb ist ein Hilfsantrieb zum Fahren kurzer Strecken mit Maschinenkraft (nicht zu verwechseln mit den „Fahrlokomobilen“, einige Hersteller bezeichneten ihre Dampfschlepper als Fahrlokomobilen oder Zuglokomobilen).
  - Verfahrbare Maschinen, bei denen der Dampfkessel und die Dampfmaschine eine bauliche Einheit bilden. Diese Einheit ruht auf einem Rädergestell für das Befahren von üblichen Straßen und Wegen. Der Wechsel des Einsatzortes erfolgt durch Gespanne oder Zugmaschinen. Diese Gruppe umfasst die Maschinen, die üblicherweise heute als „Lokomobilen“ bezeichnet werden.
  - Verfahrbare Maschinen, bei denen der Dampfkessel und die Dampfmaschine eine bauliche Einheit bilden. Diese Einheit ruht auf einem Rädergestell zum Befahren von Gleisen. Der Wechsel des Einsatzortes erfolgt durch Schieben von Hand oder durch Vorspann.
  - Versetzbare Maschinen. Die bauliche Einheit aus Kessel und Maschine ruht auf Tragfüßen oder einem Tragrahmen. Der Wechsel des Einsatzortes erfolgt durch Transport der gesamten Einheit auf schweren Rollwagen mit Vorspann oder Zugmaschinen. Für diese Maschinen hat sich die Bezeichnung „Halblokomobile“ oder „Industrielokomobile“ eingebürgert.
  - Verschiebbare Maschinen. Die bauliche Einheit aus Kessel und Maschine ruht auf einem Kufen- oder Rahmengestell. Der Wechsel des Einsatzortes erfolgt nach dem alten Prinzip der Schleife oder des Schlittens durch Ziehen mit Vorspann oder Zugmaschinen. Schleifen konnten nur über sehr kurze Wegstrecken geschoben werden, Schlitten bei Schnee und Eis auch über größere Entfernungen.
  - Verfahrbare, versetzbare oder schiebbare Lokomobilen und ortsveränderliche Dampf-Kraftmaschinen kleiner Leistung (Gewerbemotoren etc.).
  - Tragbare Maschinen. Kessel und Maschine sind meist vollständig integriert. Maschinen haben sehr kleine Leistungen (weniger als 1 PS). Der Wechsel des Einsatzortes erfolgt durch Tragen (2 bis 4 Personen). Sie werden oft als „Hausmaschinen“ bezeichnet.
- Trotz der Unterschiedlichkeit der einzelnen Maschinen lassen sich einige wiederkehrende bauliche Grundelemente erkennen. Dabei geht es nicht um technische Details, sondern um einen Überblick über den prinzipiellen Aufbau. Folgende Baugruppen waren immer vorhanden:
- A) der Dampfkessel mit den Armaturen und Sicherheitseinrichtungen,
  - B) Einrichtungen zum Nachspeisen
  - C) die Feuerung,
  - D) die Rauchkammer mit Kamin,
  - E) die Dampfmaschine mit allen mechanischen Teilen,
  - F) die innere Steuerung (z.B. Flachschieber- oder Rundschiebersteuerung, Einschieber- oder Zweischiebersteuerung u. a. m.),

- G) die äußere Steuerung (z.B. mit Exzentern u. a. m.)
- H) das Rädergestell (Fahrgestell) bzw. der Sockel, Bei machen Maschinen noch:
- I) Einrichtungen zur Beschickung mit Brennmaterial,
- J) Einrichtungen zum Überhitzer des Dampfes,
- K) Einrichtungen zum Vorwärmen des Speisewassers.

Eine Lokomobilenbauart konnte im deutschsprachigen Raum bisher nicht nachgewiesen werden, und zwar die der selbstfahrenden Lokomobilen. Bei diesen Maschinen diente der eigene Antrieb nur zum Fahren kurzer Wegstrecken aus eigener Kraft ohne Vorspann. Das war nur bei entsprechend vorgeheiztem Kessel möglich, da die Maschinen keinen Kohlenkasten oder Tender besaßen und während der Fahrt nicht nachgefeuert werden konnten. In etwa vergleichbare Maschine aus einheimischer Produktion hat es für landwirtschaftliche Arbeiten gegeben. Die Maschinenfabrik von Harkott in Leipzig hat 1848/49 eine bedingt selbstfahrende, dampfgetriebene Maschine zum Graben des Bodens gebaut. Man kann sie aber nicht zu den ortsveränderlichen Kraftmaschinen zählen, da sie vermutlich nicht für anderweitige Antriebsaufgaben vorgesehen war.

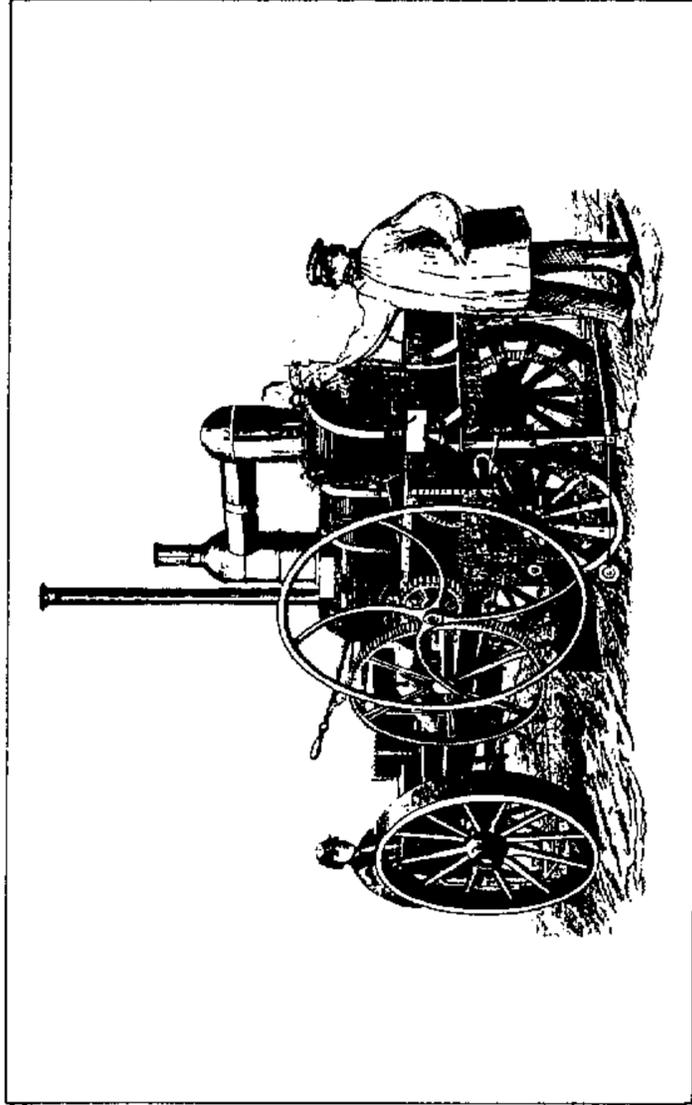


Bild 9.1/1: Selbstfahrende, dampfgetriebene Grabmaschine  
Maschinenfabrik Harkott, Leipzig 1848/49)

Von der Landmaschinenfabrik Rudolf Sack aus Playwitz bei Leipzig wurde eine Zeit lang eine „Pfluglokomobile“ gebaut. Sie besaß eine senkrechte Seilwinde, mit der ein Pflug über den Acker gezogen werden konnte. Die Maschine hatte einen eigenen Fahrantrieb. Sie musste nach dem Pflügen einer Furche mit eigener Kraft um eine Pflug-Arbeitsbreite verfahren werden. Mussten größere Wegstrecken zurückgelegt werden, wurde mit Vorspann gearbeitet. Im Bild ist im Vordergrund das Geschirr für zweispännigen Zug zu sehen. Die Maschine konnte wahrscheinlich auch andere Arbeitsmaschinen antreiben. Sie zählt trotzdem nicht zu den Lokomobilen, da ihre Hauptfunktion die Bodenbearbeitung war.

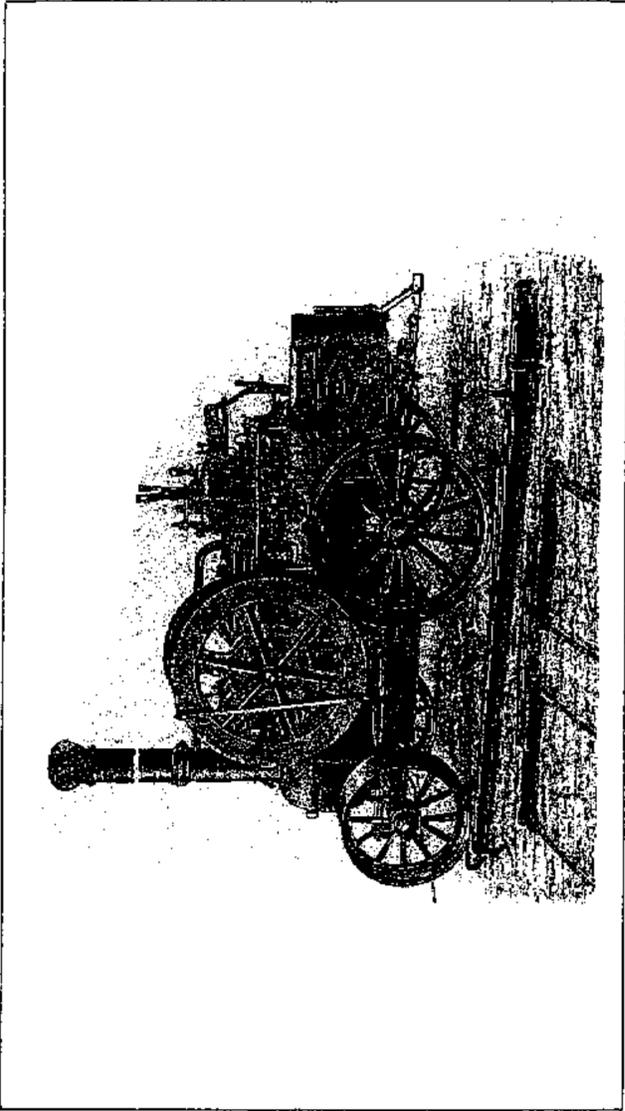


Bild 9.1/2: „Pfluglokomobile“ von Rudolf Sack  
(um 1900)

Nicht ganz so klar liegen die Verhältnisse bei der Maschine der Berliner Maschinenbau-A.G. (vorm. Louis Schwartzkopf). Sie wurde unter der Bezeichnung „Lokomobile“ angeboten, war aber der Ausführung eines „Dampfschleppers“ ähnlich. Die Maschine hatte keinen Kohlevorrat. Sie konnte in der dargestellten Ausführung keine größeren Strecken fahren und diente vornehmlich zum Antrieb diverser Arbeitsmaschinen im Straßenbau, der Bauwirtschaft u.ä. Wenn größere Strecken gefahren werden sollten musste ein Tender angehängt werden. Die Maschine war ein Zwitter, einerseits Lokomobile und andererseits Dampfschlepper.

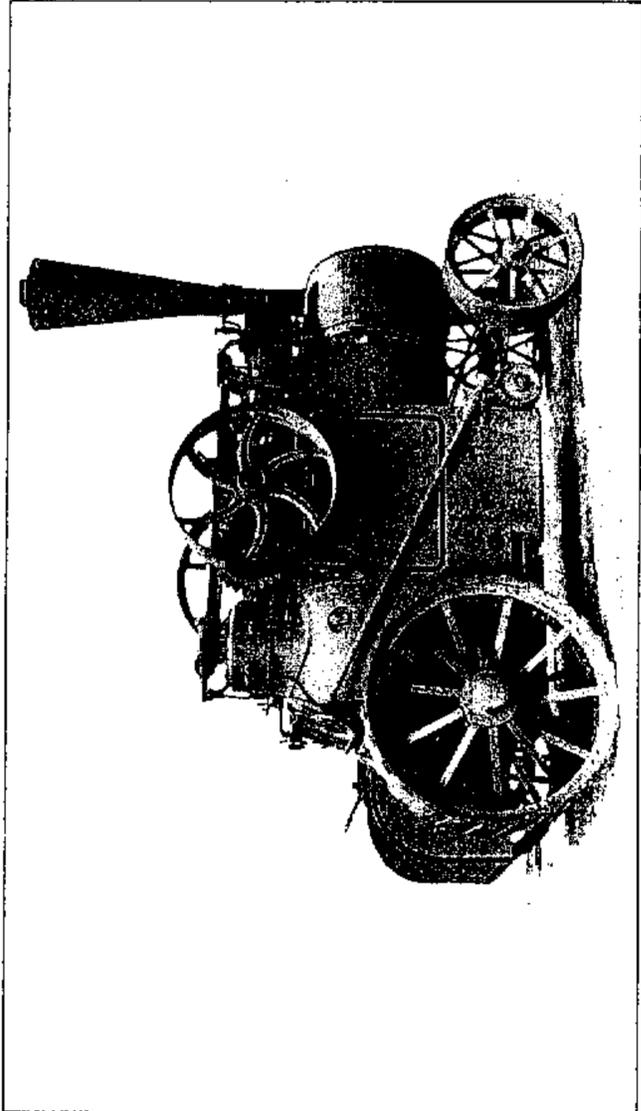


Bild 9.1/3: „Lokomobile“ der Berliner Maschinenbau-A.G. (vorm. Louis Schwartzkopf)  
(1881)

## 9.2 Baugruppen der verfahrenbaren Lokomobilen mit liegenden Kesseln

Diese Maschinen gab es in einachsigen oder zweiachsigen Ausführungen. Die zweiachsigen Lokomobile besaßen im Allgemeinen eine lenkbare Vorderachse. Der Ortswechsel erfolgte durch Vorspann mit Zugtieren oder durch Dampfschleppern. Gefahren werden konnte in leichtem Gelände, auf Wegen und Straßen. Die wesentlichen Baugruppen werden anhand der üblichen Ausführung einer Lokomobile mit liegendem Kessel, aufgesattelter Dampfmaschine, zweiachsigen Rädergestell und lenkbarer Vorderachse dargestellt. Es war die typische Maschine für den Einsatz in der Landwirtschaft. Es gab auch Ausführungen mit festen, nicht lenkbaren Rollen (Baulokomobile). Sie konnten nur in gerader Linie verfahren werden. In der **Tafel 9.2/1** ist der Aufbau einer Maschine mit zweiachsigem Rädergestell und Überhitzung, nach einer Leihbildtafel der Arbeitsgemeinschaft „Technik und Landwirtschaft“ aus dem Jahr 1921, dargestellt. Die eingetragenen Nummern kennzeichnen die Hauptteile.

### Baugruppe Kessel (Dampfkessel, Feuerung, Rauchkammer, Kamin)

A) der Dampfkessel mit den Armaturen und Sicherheitseinrichtungen

- 1 Dampfkessel
- 2 Feuerbüchse (im Bild zylindrisch und ausziehbar)
- 3 Rauchrohre
- 14 Ablassbahn
- 15 Wasserstand mit Hähnen
- 16 Probierröhne
- 17 Dampfpeife
- 18 Manometer
- 19 Sicherheitsventile
- 20 Sicherheitsventil im Heißdampfrohr
- 21 Hahn für Hilfsbläser
- 22 Hahn für Rußbläser des Überhitzers
- 27 Satteldampfrohr
- 28 Heißdampfrohr
- 40 Abdampfrohr (Auspuffrohr)

B) Einrichtung zum Nachspeisen

- 23 Injektor
- 24 Speisepumpe

C) die Feuerung

- 2 Feuerbüchse (im Bild zylindrisch und ausziehbar)
- 4 Feuertür
- 5 Rost
- 6 Feuerbrücke
- 7 Rostträger (vorne)
- 8 Rostträger (hinten)
- 44 Aschenfälltür

D) die Rauchkammer mit Kamin

- 9 Rauchkammer
- 10 Überhitzer
- 11 Rauchgasklappe
- 12 Kaminsockel
- 13 Kamin
- 41 Rußbläser des Überhitzers
- 42 Zugklappe im Kaminsockel

### Baugruppe Lokomobilmaschine (Dampfmaschine, innere und äußere Steuerung)

E) die Dampfmaschine mit allen mechanischen Teilen

- 25 Gehäuse des Zylinders
- 26 Satteldampfventil
- 29 Heißdampfventil
- 31 Dampfzylinder
- 32 Geradführung
- 33 Kreuzkopf
- 34 Schubstange
- 35 Kurbelwelle
- 38 Lagerrahmen der Kurbelwelle
- 39 Schwungrad

F) die innere Steuerung (z.B. Flachschieber- oder Rundschiebersteuerung, Einschieber- oder Zweischiebersteuerung u.a.m.)

- 30 Schiebergehäuse
  - 43 Rundschieber
  - 45 Schieberstange
- G) die äußere Steuerung (z.B. mit Exzentern u.a.m.)
- 36 Achsenregler
  - 37 Exzenterstange
  - 46 Exzenter

### Baugruppe Rädergestell (Räder, Achsen, Lenkung, Zuggeschirr)

- H) das Rädergestell (Fahrgestell)
- 48 Hinterrad
  - 49 Achsträger für Hinterachse
  - 50 Vorderrad
  - 51 Vorderachse
  - 52 Drehschemel
  - 53 Zuggeschirr

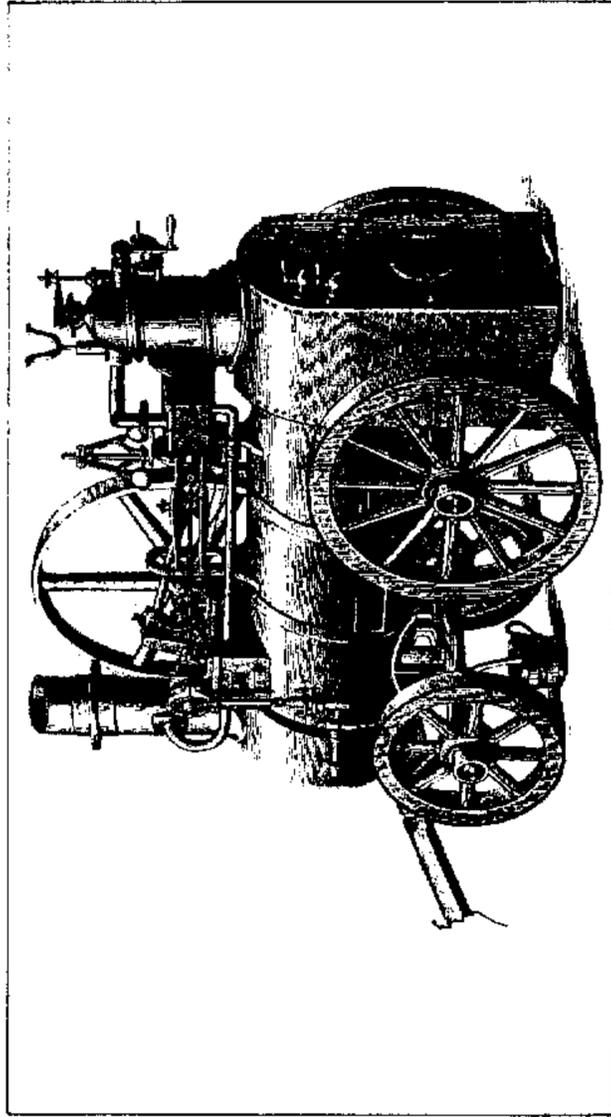
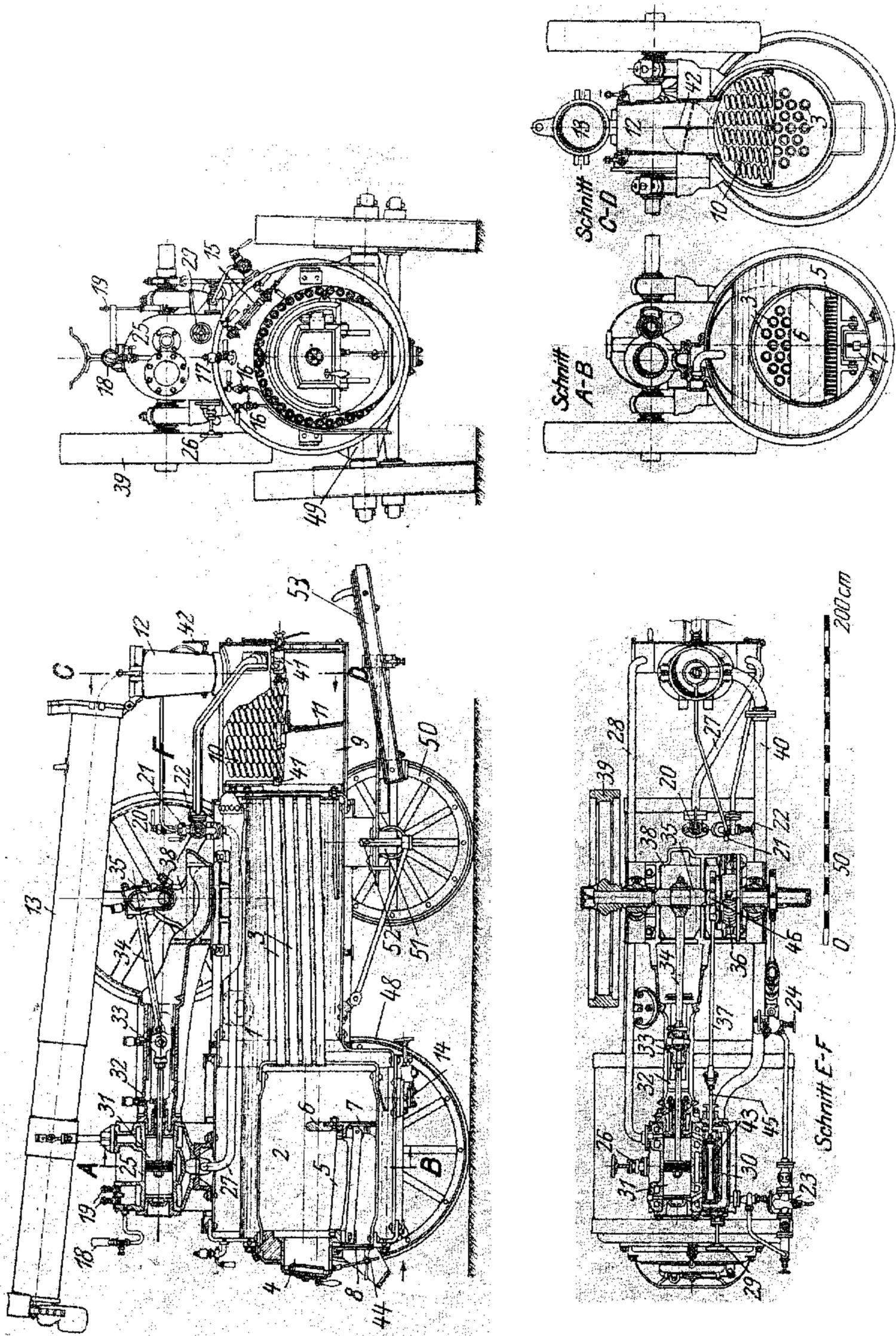


Bild 9.2/1: Typische Ausführung einer verfahrenbaren Lokomobile (um 1860)



Tafel 9.2/1: Baugruppen und Hauptteile einer verfahrbaren Lokomobile

### 9.3 Baugruppen der verfahrenbaren Lokomobilen mit stehenden Kesseln

Fahrbare Lokomobilen mit stehenden Kesseln wurden für Antriebsaufgaben eingesetzt, bei denen kleinere und mittlere Leistungen genügten. Das Einsatzspektrum war sehr breit. Es reichte von der Landwirtschaft über Handelsbetriebe und das Kleingewerbe bis zur Bauwirtschaft. Der Dampfkessel und die Maschine waren als Einheit auf einem einfachen Rädergestell montiert. Es kamen die unterschiedlichsten Kesselbauarten zum Einsatz. Die Lokomobilmaschinen konnten am Kessel montiert sein oder separat auf dem Rädergestell. Die Lokomobilen waren im Allgemeinen zweiachsig. Die Räder waren meist relativ klein gehalten, da selten auf schlechten Wegen gefahren werden musste. Der Wechsel des Einsatzortes erfolgt durch Verschieben oder Verfahren mit Vorspann. Die Baugruppen und Hauptteile einer typischen Lokomobile mit zweiachsigem Rädergestell sind anhand einer Konstruktionszeichnung in der **Tafel 9.3/1** wiedergegeben. Die eingetragenen Nummern kennzeichnen die Hauptteile.

#### Baugruppe Kessel (Dampfkessel, Feuerung, Rauchkammer, Kamin)

A) der Dampfkessel mit den Armaturen und Sicherheitseinrichtungen

- 1 Dampfkessel (mit stehender Feuerbüchse und Quersiederrohren)
- 2 Feuerbüchse (stehend)
- 3 Quersiederrohre
- 14 Reinigungsöffnungen
- 15 Wasserstand mit Hähnen
- 16 Probierröhre
- 17 Reinigungsöffnungen für Quersiederrohre
- 18 Manometer
- 19 Sicherheitsventil
- 20 Feder für Sicherheitsventil
- 21 Hahn für Dampfweife
- 22 Maschinensockel
- 27 Hauptventil
- 28 Frischdampfrohr
- 40 Abdampfrohr (Auspuffrohr)

B) Einrichtung zum Nachspeisen

- 23 Hand-Speisepumpe
- 24 Speiserohr zum Kessel

C) die Feuerung

- 2 Feuerbüchse (stehend)
- 4 Feuerfür
- 5 Rost
- 6 Feuerung (Schamotte)
- 7 Rostträgering
- 8 Aschenfall
- 41 Aschenfalltür
- 42 Aschenkasten

D) die Rauchkammer mit Kamin

- 9 Kaminunterteil
- 10 Betätigung für Zugklappe
- 11 Zugklappe
- 12 Kaminsockel
- 13 Kamin (aufschraubbar)

#### Baugruppe Lokomobilmaschine (Dampfmaschine, innere und äußere Steuerung)

E) die Dampfmaschine mit allen mechanischen Teilen

- 22 Maschinensockel
- 25 Gehäuse des Zylinders
- 26 Kolben
- 29 Kolbenstange
- 31 Dampfzylinder
- 32 Geradführung
- 33 „Kreuzkopf“
- 34 Schubstange
- 35 Kurbelwelle
- 38 Lagerrahmen der Kurbelwelle
- 39 Schwungrad

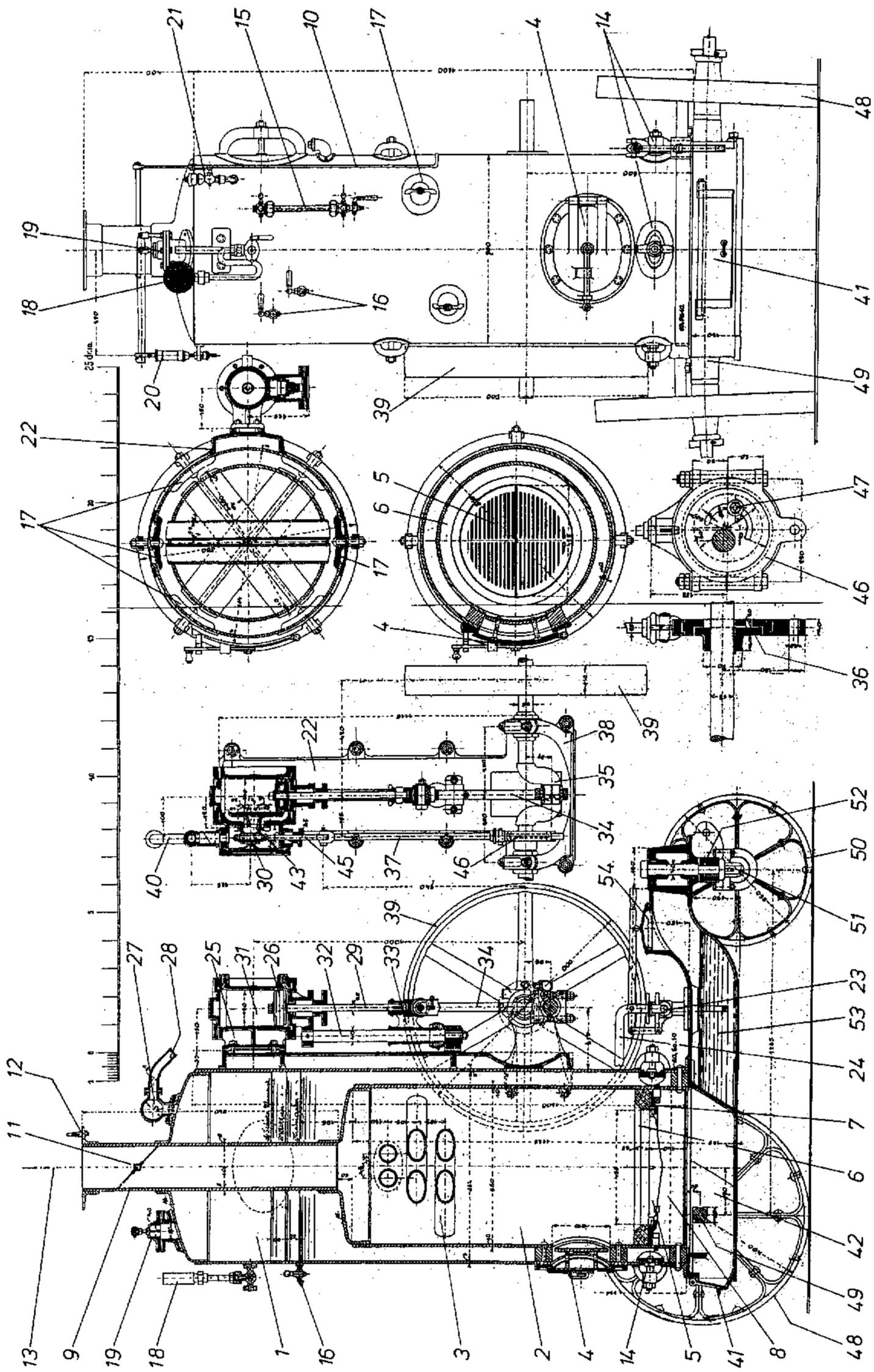
F) die innere Steuerung (z.B. Flachschieber- oder Rundschiebersteuerung, Einschieber- oder Zweischiebersteuerung u.a.m.)

- 30 Schiebergehäuse
  - 43 Flachschieber
  - 45 Schieberstange
- G) die äußere Steuerung (z.B. mit Exzenter u.a.m.)
- 36 Exzenterbasis (fest auf der Welle)
  - 37 Exzenterstange
  - 46 Manuell verstellbarer Exzenter (veränderliche Füllung)
  - 47 Schraube zur Fixierung der Füllungseinstellung

#### Baugruppe Rädergestell (Räder, Achsen, Lenkung, Zuggeschirr)

H) das Rädergestell (Fahrgestell)

- 48 Hinterrad
- 49 Achsträger und Achse für Hinterachse
- 50 Vorderrad
- 51 Vorderachse
- 52 Drehschemel
- 53 Grundgestell mit Wasserkasten
- 54 Einfüllöffnung für Speisewasser



Tafel 9.3/1: Baugruppen und Hauptteile einer verfahrbaren Lokomobile (zweiachsig, mit stehendem Kessel)

#### 9.4 Baugruppen der auf Gleisen verfahrenen Lokomobilen

Diese Gruppe verfahrbarer Maschinen wurde von einigen spezialisierten Herstellern gebaut. Basis war im Allgemeinen eine Lokomobile mit stehendem Kessel und Rädergestell zum befahren üblicher Wege und Straßen. Als reine Kraftmaschinen wurden sie dort eingesetzt, wo ein Gleissystem vorhanden war. Viele Industrie- und Handelsbetriebe hatten für den innerbetrieblichen Transport eine eigene Schmalspur-Gleisanlage. Diese Anlage wurde auch zum Wechseln des Einsatzortes bei dieser Lokomobilenart genutzt. Üblich waren einfache Maschinen kleiner bis mittlerer Leistung. Die Maschinen waren immer zweiachsig. Verschoben wurden sie von Hand mit einfachen Hilfsmitteln, durch Vorspann oder durch vorhandene Schmalspurlokomotiven.

Der Aufbau der verfahrenen Lokomobilen auf Gleisen war, bis auf das Rädergestell, dem der Maschinen mit stehendem Kessel sehr ähnlich (siehe Abschnitt 9.3). Auf eine genaue Beschreibung der Hauptteile und Baugruppen kann daher verzichtet werden. Das Beispiel einer auf Gleisen verfahrenen Maschine ist bei den Kleindampfmaschinen im Abschnitt 9.7 (Bild 9.7/3) wiedergegeben.

#### Anmerkung:

Völlig anders sieht die Situation in der Maschinengruppe aus, die als Kraftmaschine für den Betrieb auf Gleisen vorgesehen war, bei der eine Arbeitsmaschine integriert war (siehe Kapitel 14). In dieser Gruppe gab es eine Vielzahl an Ausführungen. Es kamen die unterschiedlichsten Kesselkonstruktionen zum Einsatz (stehende Kessel, liegende Kessel) und die unterschiedlichsten Dampfmaschinen. Auch die Antriebsleistungen waren höher. Ein Teil der Maschinen hatte eine mehrfache Funktion, zum einen wurde die integrierte Arbeitsmaschine angetrieben, zum anderen konnten über einen Riementrieb oder eine Gelenkwellen beliebige andere Arbeitsmaschinen angeschlossen werden.

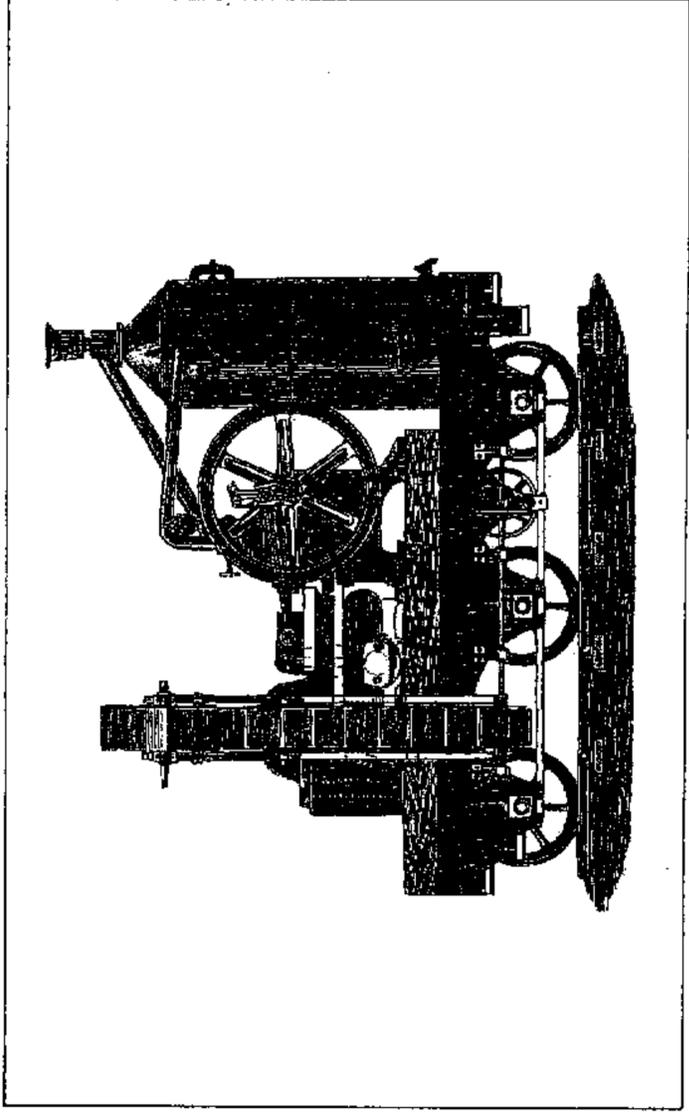


Bild 9.4/2: Auf Gleisen verfahrbarer Steinbrecher

## 9.5 Baugruppen der versetzbaren Lokomobilen (Halblokomobilen)

Halblokomobilen, sie wurden auch als halbstationäre Lokomobilen oder Industrielokomobilen bezeichnet, waren für den Einsatz in Gewerbebetrieben und in der Industrie vorgesehen. Ihre Einsatzverhältnisse unterschieden sich gravierend von denen der anderen Lokomobilbauarten. Halblokomobilen liefen häufig im Dauerbetrieb mit geringen Lastwechseln unter konstanten Bedingungen. Der liegende Dampfessel und die Maschine waren eine Einheit. Die Lokomobilmaschine war meist aufgesattelt. Es gab auch Ausführungen mit unter dem hochgesetzten Kessel angeordneter Maschine. Die Lokomobile ruhte auf Tragfüßen oder einem Tragrahmen. Eine Ortsveränderung erfolgte sehr selten. Zur Ortsveränderung musste die Maschine angehoben und mit Hilfe von Schwerlastanhängern versetzt werden. Es kamen die unterschiedlichsten Kessel- und Maschinenbauarten zum Einsatz. Anfang des 20. Jahrhunderts erreichten die Halblokomobilen Leistungsbereiche von weit über 500 PS, die größten Einheiten lagen bei 1000 PS. Die Eigenschaft den Einsatzort wechseln zu können, wurde bei diesen Maschinen aufgegeben. Sie benötigten eigene Fundamente mit Unterflurbereichen. Halblokomobilen standen in unmittelbarem Wettbewerb mit kleineren und mittleren stationären Dampfmaschinen mit getrennt vom Kessel aufgestellter Dampfmaschine. Große Maschinen hatten häufig aufwendige Regler zur lastabhängigen Veränderung der Füllung, mehrfache Expansion, Kondensation, Speisewasservorwärmung, häufig noch Einrichtungen zur weiteren Nutzung der Abwärme der Heizgase, automatische Beschickungseinrichtungen u.a.m. Auf größtmöglichen Wirkungsgrad wurde besonderer Wert gelegt. Der Wirkungsgrad der besten Groß-Lokomobilen lag auf dem Niveau der besten stationären Anlagen, sie waren allerdings deutlich preiswerter. Die **Tafel 9.5/1** zeigt eine typische Halblokomobile mit ihren Hauptteilen bzw. Haupt-Baugruppen.

### Baugruppe Kessel (Dampfessel, Feuerung, Rauchkammer, Kamin)

#### A) der Dampfessel mit den Armaturen und Sicherheitseinrichtungen

- 1 Dampfessel
  - 2 Feuerbüchse (im Bild zylindrisch und ausziehbar)
  - 3 Rauchrohre
  - 14 Ablasshahn
  - 15 Wasserstand mit Hähnen
  - 16 Proberöhre
  - 18 Manometer
  - 19 Sicherheitsventile
  - 20 Kesselsolierung
  - 21 Frontplatte (verschraubt) mit Feuertür
  - 22 Abschlussplatte (verschraubt)
  - 27 Sockel für Dampfdom/Dampfzylinder
  - 28 Sockel für Kurbelwellenlager
  - 40 Abdampfrohr (zum Kondensator)
- B) Einrichtung zum Nachspeisen
- 23 Injektor (nicht gezeichnet)
  - 24 Speisepumpe (nicht gezeichnet)
  - 60 Antrieb für die Speisepumpe (auch Antrieb für die Luftpumpe des Kondensators)
  - 17 Speisewasserbehälter

#### C) Feuerung

- 2 Feuerbüchse (im Bild zylindrisch und ausziehbar)
- 4 Feuertür mit Schürplatte
- 5 Rost
- 6 Feuerbrücke
- 7 Rostträger (hinten)
- 8 Rostträger (vorne)
- 44 Aschenfalltrichter

#### D) Rauchkammer mit Kamin

- 9 Rauchkammer
- 10 Überhitzer
- 11 Rauchkammerdeckel
- 12 Kaminsockel
- 13 Kamin
- 41 Rußablass
- 42 Zugklappe im Kaminsockel

### Baugruppe Lokomobilmaschine (Dampfmaschine, innere und äußere Steuerung)

#### E) die Dampfmaschine mit allen mechanischen Teilen

- 25 Gehäuse des Zylinders
- 26 Satteldampfventil
- 29 Sockel für Geradföhrung
- 31 Hochdruckzylinder
- 32 Geradföhrung
- 33 Kreuzkopf
- 34 Schubstange
- 35 Kurbelwelle (90° Kurbelwinkel)
- 38 Lagerahmen der Kurbelwelle
- 39 Schwungrad
- 49 Niederdruckzylinder
- 56 Kurbelwellenlager
- 57 Betätigung für Hauptventil
- 64 Wartungsbühnen

#### F) die innere Steuerung (z.B. Flachschieber- oder Rundschiebersteuerung, Einschieber- oder Zweischiebersteuerung u.a.m.)

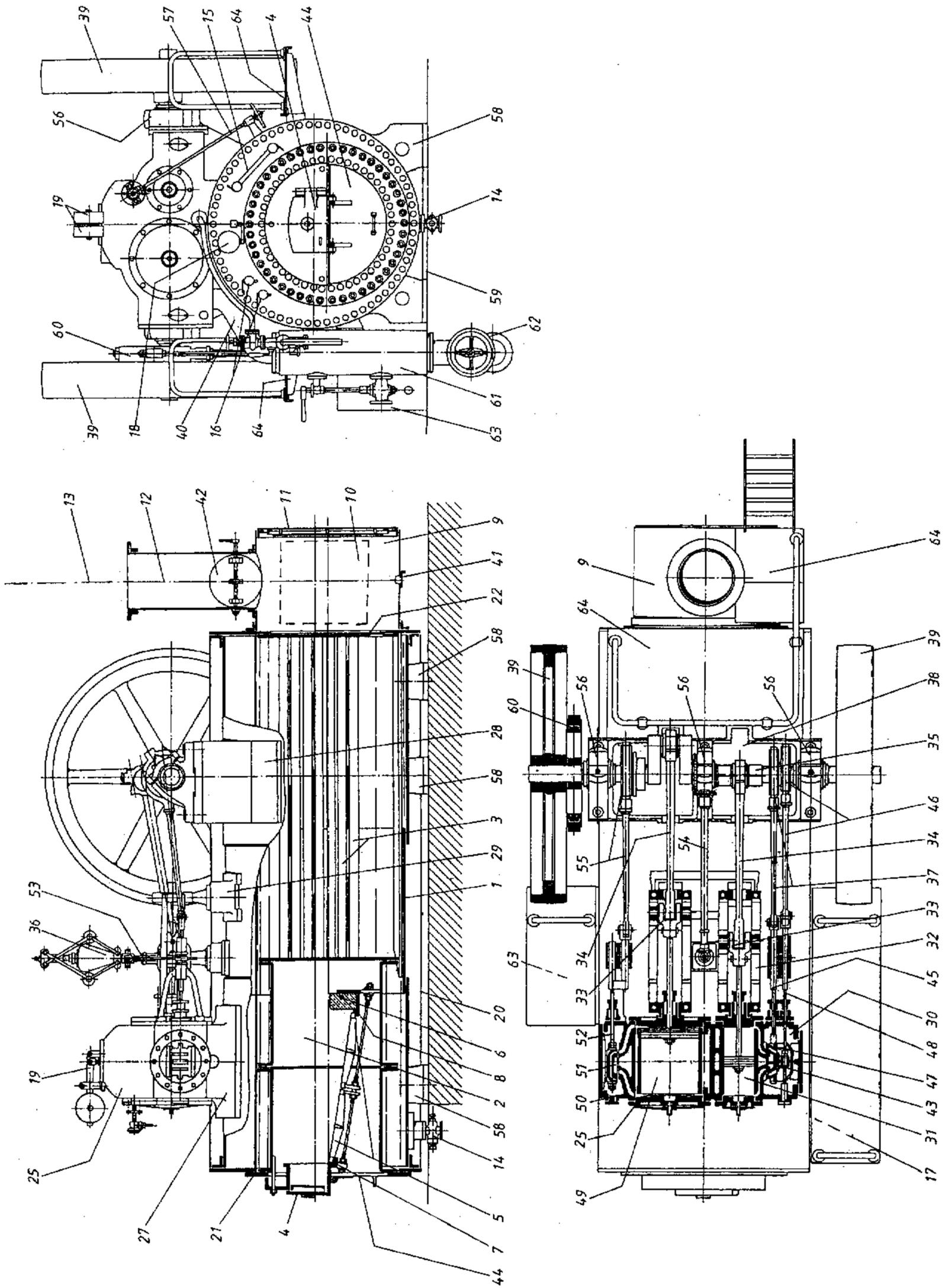
- 30 Hochdruckschiebergehäuse
- 43 Grundschieber
- 45 Schieberstange für Grundschieber
- 47 Expansionschieber (Ridersteuerung)
- 48 Schieberstange für Expansionschieber
- 50 Niederdruckschiebergehäuse
- 51 Flachschieber (Muschelschieber)
- 52 Schieberstange für Flachschieber
- G) die äußere Steuerung (z.B. mit Exzentern u.a.m.)
- 36 Regulator
- 37 Exzenter für Grundschieber
- 46 Exzenter für Expansionschieber
- 53 Verstellmechanismus für den Rider-Schieber
- 54 Antrieb für Regulator
- 55 Exzenter für Flachschieber

### Baugruppe Gestell

- H) das Tragfußgestell
- 58 Tragfüße
  - 59 Fußplatte

### Baugruppe Sonstiges

- I) Kondensation
- 60 Antrieb für Luftpumpe (auch Antrieb für die Speisepumpe)
  - 61 Kondensator (stehender Einspritzkondensator)
  - 62 Abdampf
  - 63 Kondensatbehälter



Tafel 9.5/1: Baugruppen und Hauptteile einer versetzbaren Lokomobile (Halblokomobile)

### 9.6 Baugruppen der verschiebbaren Lokomobilen (Halblokomobilen)

Diese Maschinenart entsprach in ihrem Aufbau weitgehend den unter 9.5 dargestellten Ausführungen. Anstelle der Tragfüße oder Tragsockel besaßen sie in Längsrichtung liegende „Balken“, die beim Schieben über Land als „Schleifen“ genutzt wurden. Der Aufwand war so groß, dass nur sehr kurze Strecken bewältigt werden konnten. Im Winter, bei Schnee und Eis, fungierten diese längs liegenden Balken als „Schlittenkufen“. Damit konnten auch größere Strecken zurückgelegt werden. Generell gilt auch bei dieser Maschinenart, dass ein Wechsel des Einsatzortes sehr selten durchgeführt wurde.

Zur Verdeutlichung der Ausführung reicht ein Bild einer Maschine mit Kufengestell. Der geringfügige Unterschied zu den versetzbaren Lokomobilen ist deutlich erkennbar.

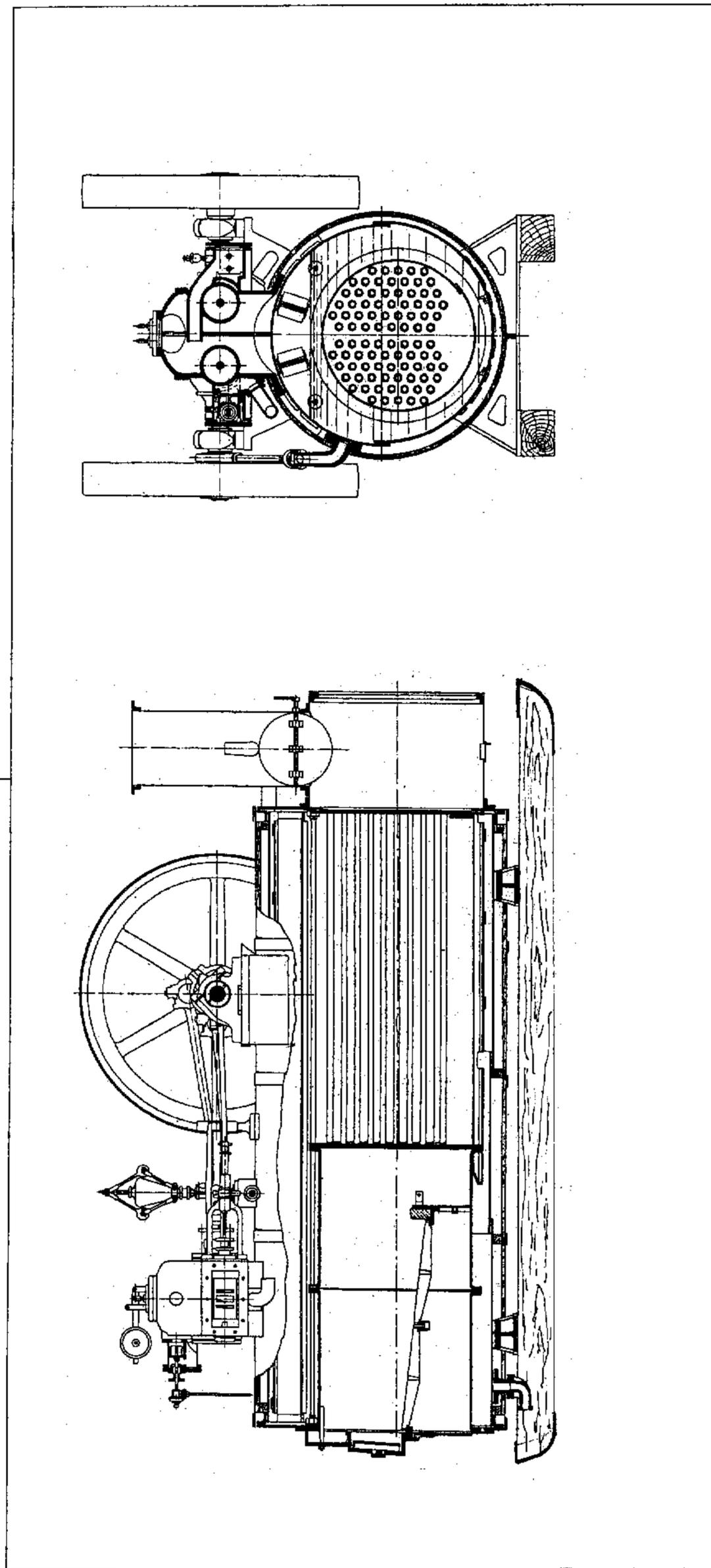


Bild 9.6/1: Verschiebbare Lokomobile mit Kufengestell aus Holzbalken

### 9.7 Baugruppen der mobilen Dampf-Kraftmaschinen kleiner Leistung

Diese Kraftmaschinen waren für den Einsatz im Handel, in kleinen Gewerbebetrieben und im Haushalt vorgesehen. Zu dieser Gruppe gehören auch alle Maschinen, die Umgangssprachlich als Dampfmotoren, Kesseldampfmaschinen, Hausmaschinen, Kleindampfmaschinen u.ä. bezeichnet wurden. Auch alle Sonderbauarten, Hausmaschinen, beispielsweise die mit „rotierenden Dampfmaschinen“ oder die mit Sofortverdampfem werden dieser Gruppe zugeordnet. Mit herkömmlichen Lokomobilen hatten sie nicht viel gemein. Allein ihre Funktion als Kraftmaschine zum Antrieb unterschiedliche Arbeitsgeräte war identisch.

Der Begriff „mobil“ umfasst dabei Kraftmaschinen, die verfahrbar, versetzbar oder tragbar waren. Die Anforderungen an diese Maschinen wichen von denen anderer Lokomobilbauarten deutlich ab. Da sie in sehr unterschiedlichen Bereichen eingesetzt wurden und das Bedienpersonal oft nicht fachkundig war, mussten sie sehr robust, einfach im Aufbau und in der Bedienung sein. Entscheidend war der absolut sichere Betrieb. Da sie oft in Räumen betrieben wurden, durfte eine Fehlbedienung, Überlastung oder ein längerer Betrieb ohne Überwachung nicht zu Schäden führen. Gefeuert wurde mit festen oder flüssigen Brennstoffen. Gasbeheizte Maschinen waren selten. Bei Kleindampfmaschinen waren der Dampfkessel und die Maschine meist eine kompakte Einheit, mit im „Kessel“ integrierter Maschine. Als Untergestelle kamen einfachste Rahmengestelle oder Plattformen zum Einsatz. Sie waren meist zweiachsig. Die Ortsveränderung erfolgt durch Verschieben oder Ziehen, im Allgemeinen von Hand. Einige Maschinen waren so leicht, das sie von mehreren Personen von einem Einsatzort zum anderen getragen werden konnten.

Eine typische Bauart und typische Hauptbauteile lassen sich in dieser Maschinenkategorie nicht angeben, zu unterschiedlich waren die Ausführungen. Die folgenden Bilder sollen daher nur einen ersten Eindruck vermitteln.

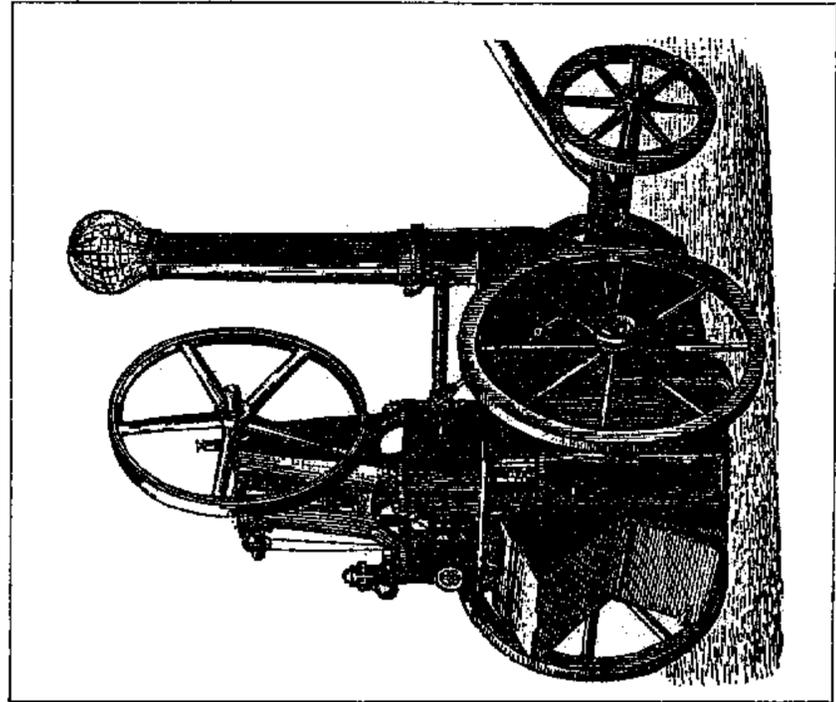


Bild 9.7/1:  
Verfahrbare Kleindampfmaschine  
auf einem Rädergestell  
für Gewerbebetriebe

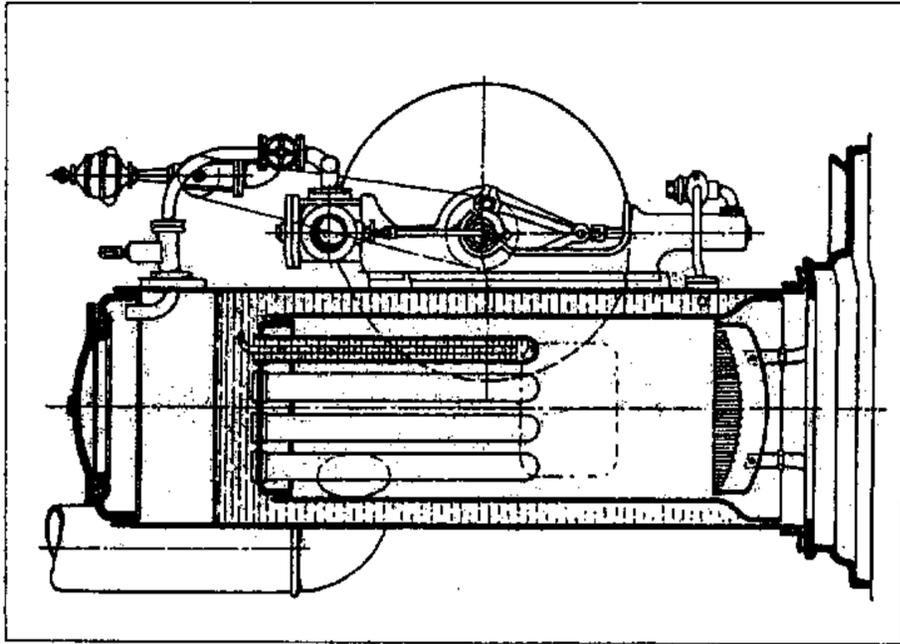


Bild 9.7/2:  
Versetzbare Kleindampfmaschine  
(Kesseldampfmaschine)

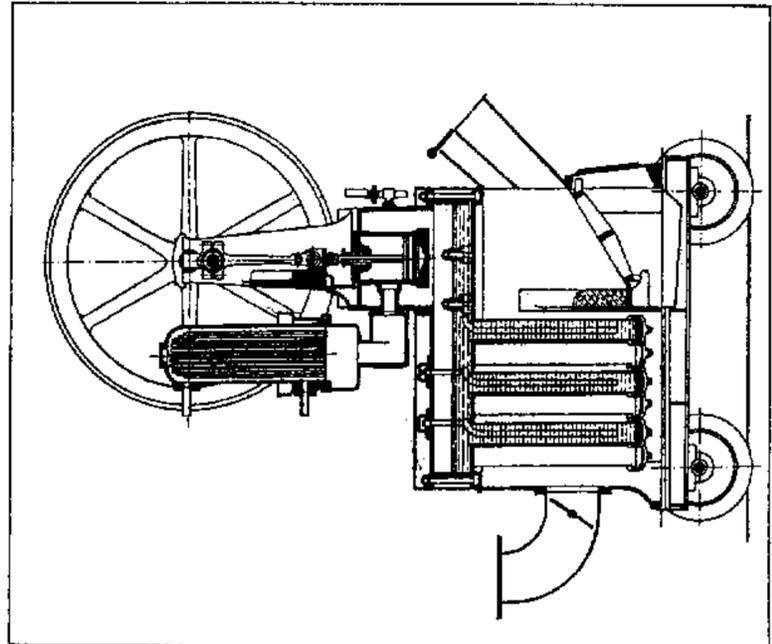


Bild 9.7/3:  
Verfahrbare Kleindampfmaschine  
für den Betrieb auf Gleisen

## 10. DIE DAMPFKESSEL DER LOKOMOBILEN

### 10.1 Historische Entwicklung der Kesselbauarten bei Lokomobilen

Ausgangspunkte der Entwicklung waren am Anfang des 19. Jahrhunderts die Kessel der stationären Maschinen. Es wurden runde Kessel mit halbkugelförmiger Haube, Zylinderkessel oder Kofferkessel unterschiedlicher Art verwendet. Sie dienten zur Versorgung atmosphärischer Maschinen oder Niederdruckmaschinen. Die Form der Kessel war durch die begrenzten Fertigungsmöglichkeiten bei den Kesselblechen stark eingeschränkt. Die Bleche konnten nur in kleinen Stücken in die gewünschte Form gebracht werden. Sie wurden anschließend vernietet. Die Form der Kessel musste so einfach wie möglich sein, d.h. zylindrische und kugelige Formen dominierten. Die Feuerung lag, als reine Außenfeuerung, zumeist unter dem Kessel. Im Laufe der Entwicklung wurden daraus leistungsfähige „Unterfeuerungen“, bei denen die Heizgase in mehreren „Zügen“ ihr Wärme an den Kessel und ggf. an diverse Wasserrohre abgaben. Einige Erfinder gingen dazu über, in die liegenden Zylinderkessel mehrere Längsrohre einzubauen, die von den Heizgasen durchströmt werden konnten. Die Kessel hatten noch keine „Feuerbüchse“, sondern die Feuerung lag vor dem Kessel. Nur die Heizgase zogen durch die „Feuerrohre“. Das gestattete aber, größere Heizflächen auf kleinem Raum unterzubringen, eine Voraussetzung für die Entwicklung kompakter Kessel für ortsveränderliche Maschinen. Andere Erfinder, in Deutschland beispielsweise Ernst Alban, versuchten von Anfang an Kessel mit höheren Dampfdrücken zu bauen. Bei dem Stand der Fertigungstechnik waren die herkömmlichen Kesselbauarten dazu ungeeignet. Alban und andere entwickelten „Hochdruckkessel“, die im Prinzip den heute üblichen Wasserrohrkessel ähnlich waren. Allerdings waren diese Kessel für einen Betrieb mit ortsveränderlichen Maschinen noch zu schwer. Den Begriff „mobil“ muss man an dieser Stelle weiter fassen. Wenn in dieser Entwicklungsphase der Einsatzort gewechselt werden musste, ließ man den Kessel an seinem Aufstellungsort stehen, zerlegte die Dampfmaschine in Baugruppen bzw. große Bauteile und baute sie am neuen Einsatzort wieder zusammen. Der Kessel wurde neu gebaut. Wesentliche Impulse für die Entwicklung der Lokomobilenkessel gingen von den Dampfkesseln der „eisernen Bahnen“ aus. Durch den Einsatz einer „inneren“ Feuerbüchse in Verbindung mit einer Vielzahl an Rauchrohren war eine Kesselform gefunden, die auch für Dampfselbstfahrer und Lokomobile geeignet war. Die Entwicklung ist allerdings nicht so gradlinig verlaufen, wie sie hier in der Kürze wiedergegeben ist. Bei den Lokomobilen und ortsveränderlichen Dampf-Kraftmaschinen sind im Laufe der langen Entwicklungszeit sehr unterschiedliche Kesselbauarten mit einer Vielzahl an Varianten zum Einsatz gekommen. Sie unterschieden sich u.a. durch die Bauart des Kessels (Lage und Form von Hauptkessels, des Wasserraums und des Dampftraumes), die Art des Brennmaterials, die Art der Feuerung, die Lage und Form des Feuerraums, die Lage, Form und Anordnung der wärmeübertragenden Heizflächen, die Art der Luftführung im Feuerraum und im Kessel sowie die Anordnung der Rauchkammer. Lokomobilenkessel wurden im Allgemeinen nach ihren Leistungsmerkmalen unterschieden. Die wichtigsten funktionalen Hauptmerkmale waren: die erzeugbare Dampfmenge je Zeiteinheit (Verdampfungsleistung), die Art des Dampfes (Sattdampf, später auch überhitzter Dampf), der Dampfdruck und der Kesselwirkungsgrad.

Bei den Bauarten und Leistungsmerkmalen der ortsveränderlichen Kessel gab es zwischen den einzelnen Ländern charakteristische Unterschiede. Betrachtet man beispielsweise nur den verwendeten Dampfdruck, so arbeiteten in den 1870er Jahren englische Maschinen mit 4 at, französische und amerikanische mit 9 at und einheimische Lokomobile mit etwa 7 at Überdruck.

Eine erste Einteilung der Lokomobilenkessel liefert die Lage des Hauptkesselteils. Dieses Merkmal bestimmte auch weitgehend den konstruktiven Aufbau der gesamten Lokomobile.

Diese grobe Strukturierung wird im Folgenden bei der Behandlung der Lokomobilenkessel zugrunde gelegt. Es können unterschieden werden: liegende Kessel, stehende Kessel, unterschiedliche Kombinationen aus liegenden und stehenden Kesselteilen und eine Vielzahl an Sonderbauformen (Schnellverdampfer, Kessel mit besonderen Feuerungen, Klein-

Kessel, Kessel mit integrierter Maschine u.a.m.). Dampfessel von Lokomobilen bestehen aus einer Reihe von Baugruppen. Nicht alle müssen bei jeder Kesselbauart und jedem Kessel vorhanden sein. Bei der Behandlung von Lokomobilenkesseln ist es zweckmäßig, das Thema nach den wesentlichen Baugruppen zu ordnen. Die wesentlichen Baugruppen eines Lokomobilenkessels sind:

- der eigentliche Kessel,
- die Feuerung,
- die Rauchkammer mit Kamin,
- die Kesselsolisierung,
- die Sicherheitseinrichtungen,
- die Einrichtungen zur Reinigung und Pflege,
- die Einrichtungen zur Überhitzung des Dampfes,
- die Einrichtungen zur Vorwärmung des Speisewassers,
- die Einrichtungen zur Beschickung mit Brennmaterial,
- die Einrichtungen zur Vorwärmung der Verbrennungsluft.

Die letztgenannten Einrichtungen spielten bei verfahrbaren Lokomobilen eine geringe Rolle. Die zum Betrieb des Kessels notwendigen, zum Teil gesetzlich vorgeschriebenen Armaturen nannte man auch „feine Armaturen“.

#### Anmerkung:

Einen guten Überblick über die verwendeten Kesselkonstruktionen zu Beginn der 1860er Jahre findet man bei Perels (s. Lit.-Verzeichnis: Perels, E.: Die Fortschritte auf dem Gebiet..., Berlin 1865). Darin heißt es:

„Die finden bei den heutigen Lokomobilen bereits in der Konstruktion der Kessel die meisten wichtigsten Bestandteile; das System von Eisenblech & Kautschuk mit röhrenförmigen Feuerbüchsen, bei welchen das Feuerrohr mit den Eisenblechen aus dem zylindrischen Kessel zum Zweck der Beschickung herausgehoben werden kann (Wolff in Guben), das System des röhrenförmigen Feuerbüchse, ohne daß der innere Teil herausgenommen werden kann (H. Heber in Berlin); der einfache zylindrische Kessel mit Eisenblechen und einer gemauerten Feuerbüchse oder einem mittleren größeren Feuerrohr (G. Schmitt & Comp. und G. P. Hüffer in Dresden), das Hobel- & Staffelsystem (Geyer in Linde bei Hannover), der fröhlich die röhrenförmigen Feuerbüchsen nicht beifolgt, veraltete Kessel mit viertelröhrenförmigen Feuerbüchsen (Humbrecht, Hollbaum & Comp. in Götting), welche die röhrenförmigen Feuerbüchsen mit einer größeren Mannigfaltigkeit und in den verschiedenartigsten Dimensionen verteilte. Im ähnlichen Mannigfaltigkeit sind die Kesselkonstruktionen angeordnet; zunächst finden wir Kessel mit der Grundplatte (H. A. Buns & Comp. in Berlin; die Kessel der Reichsbahnbauartgesellschaft, G. B. Geyer in Berlin), Kessel mit Expansion, verstellbarer Expansion und Expansionsregulator; (letztere von H. Heber in Berlin), Kessel mit verstellbarem Expander, bei welchen die Feuerbüchse in die Höhe gehoben werden, und je gleichmäßig als Expansionsregulator (Humbrecht, Hollbaum & Comp. in Götting), Kessel, bei welchen der Expander in der Handbuch angeordnet ist, nach dem älteren Göttinger System, (G. Zahn in Braunschweig, G. Böhmer in Stuttgart i. P.), Kessel mit Vorwärmer (H. A. Buns & Comp. in Berlin) mit einem Dampfrohr, (beide von Perels & Sohn in Köln) und schließlich Kessel nach dem bekannten englischen Normalsystem, die namentlich durch G. D. Garrett in Dufau gelehrt werden.“

#### Anmerkung:

Lokomobilenkessel, insbesondere die liegenden Bauarten, wurden nicht nur in Verbindung mit einer Dampfmaschine eingesetzt, sondern auch als separate Kessel. Sie traten dabei erfolgreich in den Wettbewerb mit stationären Kesseln, die im Allgemeinen eingemauert waren. Die Feuerbüchse unterschied sich etwas von den üblichen Lokomobilenkesseln. Der Kessel ruhte mit der Feuerbüchse auf einer Fundamentplatte, der Langkessel wurde durch einen Untersatz abgestützt. Heinrich Lanz, Mannheim u.a. stellten derartige Kessel her.

## 10.2 Auslegung der Lokomobilenkessel

Aus technikgeschichtlicher Sicht ist die Festlegung charakteristischer Kesselgrößen in unterschiedlichen Phasen verlaufen, je nach physikalisch-technischem Kenntnisstand der Zeit. Am Anfang der Entwicklung, im 18. Jahrhundert, waren die Anforderungen an die Kessel gering. Für den Betrieb atmosphärischer Maschinen war nur ein sehr geringer „Überdruck“ erforderlich. Form, Aufbau und Wandstärken der Kessel orientierten sich an den „Sud- und Braukesseln“. Erfahrungswerte von ausgeführten und bewährten Kesseln dienten als Basis.

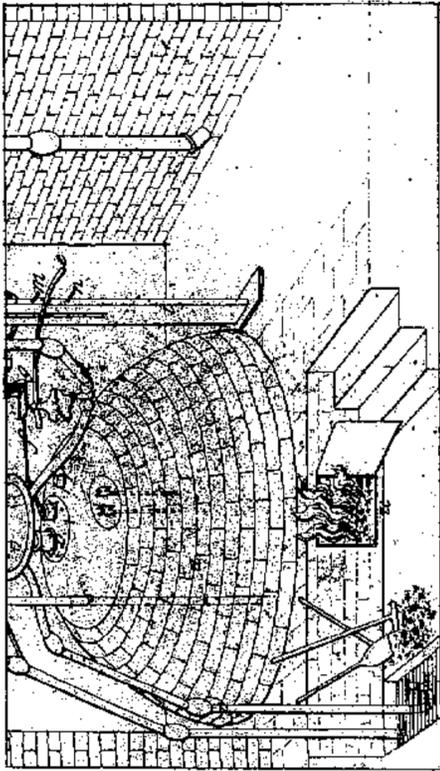


Bild 10.2/1:  
Dampfkessel einer  
atmosphärischen Maschine  
(um 1750)

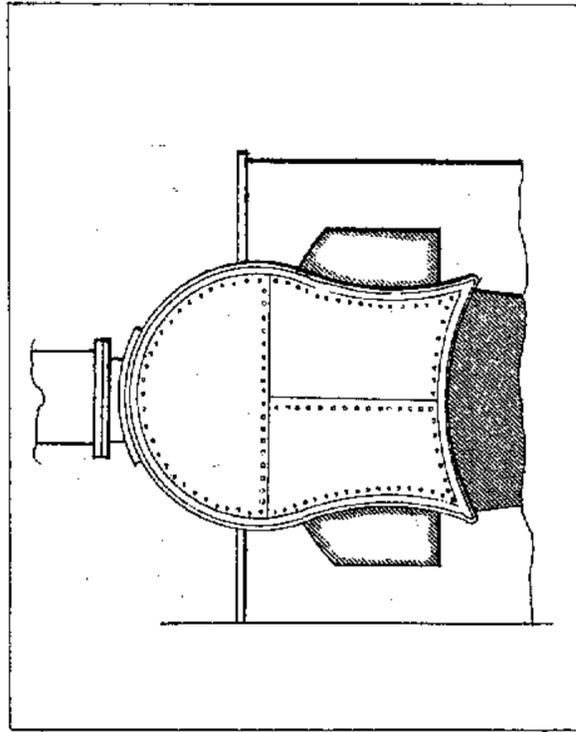


Bild 10.2/2:  
„Kofferkessel“ einer  
atmosphärischen Maschine  
(um 1765)

Mit dem Einsatz der ersten mit Überdruck arbeitenden Dampfmaschinen änderte sich das Bild. Die Erfahrungen mit Kessel bekannter Bauart waren nur sehr bedingt auf die neuen Verhältnisse übertragbar. Zwar versuchte man die als sicher bekannte zumeist kugelförmige Grundform der Kessel mit stärkeren Blechen beizubehalten, trotzdem gab es viele Unfälle durch explodierende Kessel. Der Zusammenhang zwischen dem Dampfvolumen, Dampfdruck und Energiegehalt des gespeicherten Dampfs war noch nicht bekannt. Da das Kesselmaterial, einerlei ob Kupfer oder Eisen, nur in kleinen Platten hergestellt werden konnte und die Formgebung Handarbeit war, bereitete die Vielzahl an Nietverbindungen Probleme. Die

Kessel waren schwer dicht zu bekommen. Diese Phase bei der Auslegung von Dampfkesseln ist durch ein vorsichtiges „Versuch-Irrtum-Vergehen“ gekennzeichnet. Die vorliegenden Erfahrungswerte wurden nur in kleinen Schritten verändert. Dort, wo keine Erfahrungswerte vorlagen, baute man große Sicherheitsreserven ein. In dieser Entwicklungsphase wurden auch die Kesselbauarten und dabei insbesondere die Kesselformen den steigenden Drücken angepasst. Einfache Näherungswerte erleichterten die Auslegung. Zylindrische Kessel-Grundformen setzten sich durch. Sie waren einfacher herzustellen und erwiesen sich im Betrieb als sicherer.

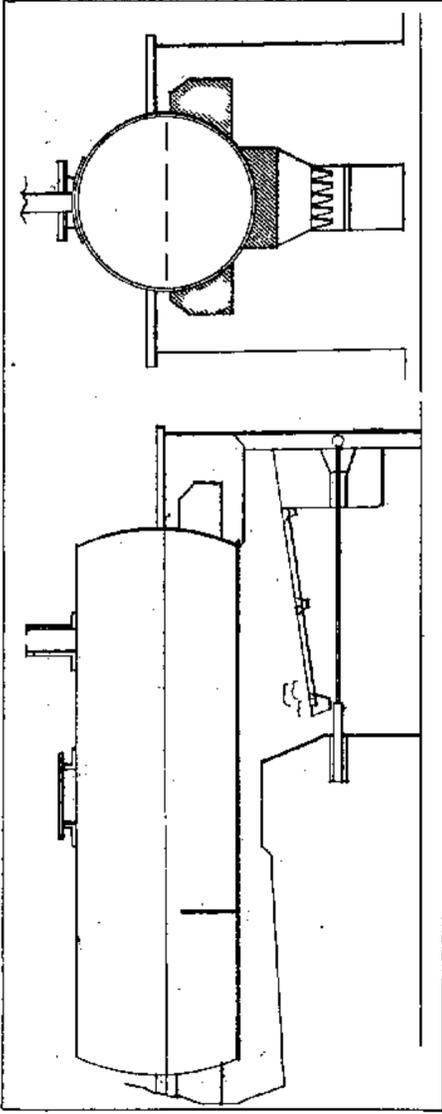


Bild 10.2/3: Frühe Form eines „Zylinderkessels“ (um 1830)

Einige Erfinder setzten sich früh für die deutliche Steigerung der Dampfdrücke ein. In Deutschland war der bekannteste Ernst Alban. Viele Pioniere der Dampftechnik, auch James Watt, lehnten diese Bemühungen vehement ab. Die Risiken schienen ihnen nicht beherrschbar. Für die Entwicklung von Lokomobilen und anderen ortsveränderlichen Kraftmaschinen (sowie für die „eisernen Bahnen“) waren höhere Dampfdrücke aber unverzichtbar. Es war offensichtlich, dass zur Steigerung der Leistung und Verkleinerung der Dampfanlagen nur ein Weg offenstand, und zwar der der „Hochdruckmaschinen“. In dieser Phase wurden die vorgelagerten Feuerungen der Zylinderkessel nach innen verlegt. Es entstanden die ersten „Feuerbüchsenkessel“. Des Weiteren wurden völlig neue Kesselbauarten entwickelt, die „Hochdruck-Wasserrohrkessel“. Zu den üblichen zylindrischen Kesseln mit Feuerbüchse und inneren Rauchrohren kamen Kessel mit außenbeflammten Wasserrohren hinzu.

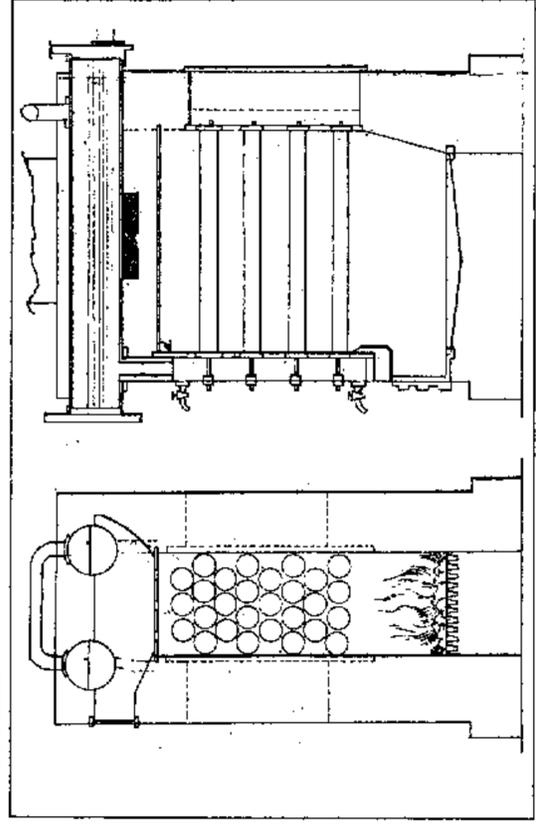


Bild 10.2/4:  
Frühe Form eines  
Hochdruck-  
Wasserrohrkessels  
(um 1830)

Im Laufe der Jahre entstand aus den Erfahrungen mit den verschiedenen Kesselbauarten eine Vielzahl an Auslegungshilfen. Es gab sie für alle wichtigen Kesselmerkmale, z.B. für den Zusammenhang von Kesseldurchmesser und Länge, Heizflächen zu Rostflächen, Wasserraum und Dampfraum usw. Diese Auslegungshilfen lagen zumeist als einfache Kennwerte oder in Tabellenform vor. Zwei Beispiele sollen hier genügen. Um 1840 wurde in Frankreich die Dicke der Kesselbleche in Abhängigkeit vom Kesseldurchmesser gesetzlich vorgeschrieben. Bei zylindrischen Dampfkesseln aus Eisenblech galt für die Wandstärke (in Millimetern) die nachfolgende Tabelle. Das preußische Regulator für Dampfkessel setzte ähnliche Werte fest (siehe beispielsweise „Dindler's polytechn. Journal, Bd. 69, S. 325 ff.).

**Dicke des Kessels in Millim. für Dampf von**

Bei einem Diam. von	Dicke des Kessels in Millim. für Dampf von							
	2 M.	3 M.	4 M.	5 M.	6 M.	7 M.	8 M.	9 M.
50 cm	3,90	4,80	5,70	6,60	7,50	8,40	9,30	
55 "	3,99	4,98	5,97	6,96	7,95	8,94	9,83	
60 "	4,08	5,16	6,24	7,32	8,40	9,48	10,56	
65 "	4,17	5,34	6,51	7,68	8,85	10,02	11,19	
70 "	4,26	5,52	6,78	8,04	9,30	10,56	11,82	
75 "	4,35	5,70	7,05	8,40	9,75	11,10	12,45	
80 "	4,44	5,88	7,32	8,76	10,20	11,64	13,08	
85 "	4,53	6,06	7,59	9,12	10,65	12,18	13,71	
90 "	4,62	6,24	7,86	9,48	11,10	12,72	14,34	
95 "	4,71	6,42	8,13	9,84	11,55	13,26	14,97	
100 "	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00	13,80	15,60	

Bei einem Kesseldurchmesser (Frankr., um 1840)

Bild 10.2/5:  
Tabelle für die  
Dicke eiserner  
Kesselbleche in  
Abhängigkeit  
vom  
Kesseldurchmesser  
(Frankr., um 1840)

Diese Auslegungshilfen haben sich lange gehalten. Noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts war eine erste Abschätzung mit Hilfe ähnlicher Tabellen üblich. Die Weiterentwicklung bestand in einer differenzierteren Berücksichtigung weiterer Parameter. Ein Beispiel für den Zusammenhang zwischen Kesseldruck und einigen geometrischen Größen bei einem zylindrischen Kessel gibt nachfolgende Tabelle wieder:

**Unter Zugrundelegung einer Gütezahl von 70%, und einer Zugbelastung des Bleches von 6 kg/qm, und k = 1/2, d = 1/2, r = 1/2**

**Unter Zugrundelegung einer Gütezahl von 70%, und einer Zugbelastung des Bleches von 6 kg/qm, und k = 1/2, d = 1/2, r = 1/2**

**Unter Zugrundelegung einer Gütezahl von 70%, und einer Zugbelastung des Bleches von 6 kg/qm, und k = 1/2, d = 1/2, r = 1/2**

D	Dampfdruck in kg/qm															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	3040	3250	3460	3670	3880	4090	4300	4510	4720	4930	5140	5350	5560	5770	5980	6190
8	3200	3410	3620	3830	4040	4250	4460	4670	4880	5090	5300	5510	5720	5930	6140	6350
9	3360	3570	3780	3990	4200	4410	4620	4830	5040	5250	5460	5670	5880	6090	6300	6510
10	3520	3730	3940	4150	4360	4570	4780	4990	5200	5410	5620	5830	6040	6250	6460	6670
11	3680	3890	4100	4310	4520	4730	4940	5150	5360	5570	5780	5990	6200	6410	6620	6830
12	3840	4050	4260	4470	4680	4890	5100	5310	5520	5730	5940	6150	6360	6570	6780	6990
13	4000	4210	4420	4630	4840	5050	5260	5470	5680	5890	6100	6310	6520	6730	6940	7150
14	4160	4370	4580	4790	5000	5210	5420	5630	5840	6050	6260	6470	6680	6890	7100	7310
15	4320	4530	4740	4950	5160	5370	5580	5790	6000	6210	6420	6630	6840	7050	7260	7470
16	4480	4690	4900	5110	5320	5530	5740	5950	6160	6370	6580	6790	7000	7210	7420	7630
17	4640	4850	5060	5270	5480	5690	5900	6110	6320	6530	6740	6950	7160	7370	7580	7790
18	4800	5010	5220	5430	5640	5850	6060	6270	6480	6690	6900	7110	7320	7530	7740	7950
19	4960	5170	5380	5590	5800	6010	6220	6430	6640	6850	7060	7270	7480	7690	7900	8110
20	5120	5330	5540	5750	5960	6170	6380	6590	6800	7010	7220	7430	7640	7850	8060	8270
21	5280	5490	5700	5910	6120	6330	6540	6750	6960	7170	7380	7590	7800	8010	8220	8430
22	5440	5650	5860	6070	6280	6490	6700	6910	7120	7330	7540	7750	7960	8170	8380	8590
23	5600	5810	6020	6230	6440	6650	6860	7070	7280	7490	7700	7910	8120	8330	8540	8750
24	5760	5970	6180	6390	6600	6810	7020	7230	7440	7650	7860	8070	8280	8490	8700	8910
25	5920	6130	6340	6550	6760	6970	7180	7390	7600	7810	8020	8230	8440	8650	8860	9070
26	6080	6290	6500	6710	6920	7130	7340	7550	7760	7970	8180	8390	8600	8810	9020	9230
27	6240	6450	6660	6870	7080	7290	7500	7710	7920	8130	8340	8550	8760	8970	9180	9390
28	6400	6610	6820	7030	7240	7450	7660	7870	8080	8290	8500	8710	8920	9130	9340	9550
29	6560	6770	6980	7190	7400	7610	7820	8030	8240	8450	8660	8870	9080	9290	9500	9710
30	6720	6930	7140	7350	7560	7770	7980	8190	8400	8610	8820	9030	9240	9450	9660	9870

Bild 10.2/6: Tabelle für Blechstärke des Kesselmantels in Abhängigkeit vom Druck und Kesseldurchmesser (Erfahrungsstand um 1914)

Aus diesem erfahrungsgestütztem Wissen wurden im nächsten Schritt erste mathematische Gleichungen entwickelt, die mehrere Einflussgrößen miteinander verbanden und eine gewünschte Größe zu „berechnen“ gestatteten. Diese „zugeschnittenen Größengleichungen“ enthielten eine Vielzahl von festen Kenngrößen, die ausschließlich auf Erfahrungswerten basierten. In einigen Fällen wurden die entsprechenden Größen über Tabellen und Diagramme miteinander verbunden. Charakteristisch für diese Auslegung von Dampfkesseln war, das die gewünschte Berechnungsgröße in unmittelbare Beziehungen zu ganz konkreten, in der Praxis vorliegenden Ausgangsgrößen standen. Die nicht zusammenpassenden Dimensionen der verwendeten Größen wurden durch die „Dimensionen“ der Kenngrößen angeglichen.

Auch erste „theoretische Berechnungen“ gab es. Die bekannte „Kesselformel“ für die Bestimmung der Wandstärke wurde schon um 1830 eingesetzt. Für einen zylindrischen Kessel galt:

$$s = \frac{r \cdot p}{k}$$

- r - Radius des Zylinders in mm oder Zoll
- p - Dampfdruck in kg auf 1 mm<sup>2</sup> oder Pfund auf 1 Quadratzoll
- k - „Zähigkeitskoeffizient“ des Metalls in kg je 1 mm<sup>2</sup> oder Pfund auf 1 Quadratzoll
- s - Wanddicke in mm oder Zoll.

Der größte Unsicherheitsfaktor dieser „Berechnungen“ war der „Zähigkeitskoeffizient“ des verwendeten Metalls. Er schwankte in der Praxis in weiten Grenzen. Weitere Risikofaktoren waren: die Abnahme der Festigkeit bei den hohen Temperaturen des Kessels, der Einfluss der Nietung u.a.m. Man versuchte diese Risiken durch entsprechende Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen. Faktoren von „dem 10fachen des errechneten Wertes“ und mehr waren üblich.

Andere Auslegungshilfen brachten die relevanten Ein- und Ausgangsgrößen eines Kessels in Beziehung. Beispiel: aus 1 kg Steinkohle gewann man bei einer bestimmten Kesselbauart x kg Dampf oder y PS Leistung. Üblich war es, die Dampfmenge D (in kg) zur Heizfläche H (in m<sup>2</sup>) ins Verhältnis zu setzen. Man bezeichnete diese Kenngröße auch als „Anstrengung des Kessels“. Je nach Kesselbauart konnte man damit näherungsweise die Verdampfungsleistung eines Kessels abschätzen. Die vorhandene oder projektierte Heizfläche war ja durch die Konstruktion des Kessels bekannt. Eine entscheidende Einflussgröße war damit aber noch nicht erfasst, und zwar die Intensität der Feuerung. Durch starke Beschickung mit Brennmaterial und entsprechende Luftzufuhr konnte die Wärmeentwicklung der Feuerung in weiten Grenzen beeinflusst werden. Eine Lösung des Problems war beispielsweise die Angabe eines Verbrennungsgrades (langsame Verbrennung, lebhaft Verbrennung etc.).

Bauart des Kessels	Dampfmenge (in kg) je qm Heizfläche			Bemerkung
	Langsame Verbrennung	Normale Verbrennung	Lebhafte Verbrennung	
Flammrohrkessel	16 bis 18	20 bis 22	30	auch mit rückkehrenden Heizrohren
Heizrohrkessel, Wasserrohrkessel	10	15	20	
Lokomobilkessel	12	16	24	
Kombinierte Flamm- und Heizrohrkessel	12	16	22	

Bild 10.2/7: Kennwerte von Verdampfungsleistungen unterschiedlicher Kesselbauarten

Das große Problem bei dieser Vorgehensweise lag beim Verharren im Bekannten. Veränderungen konnten, mit begrenztem Risiko, nur in kleinen Schritten vorgenommen werden. Bei großen Veränderungen waren die Erfahrungen wenig hilfreich. Hinzu kam noch das Problem der unsicheren Materialeigenschaften.

Im nächsten Schritt wurden dann die wesentlichen unmittelbar bei der Auslegung des Kessels zu berücksichtigenden Größen in eine mathematische Beziehung gesetzt. Basis für die Auslegungsberechnungen war noch nicht die exakte physikalische Erfassung der Verhältnisse, sondern eine brauchbare Hypothese, deren Ergebnisse in etwa die realen Verhältnisse abbildeten. Ein Beispiel, die Berechnung der Heizfläche  $H$  der Kessel, möge das Vorgetriebene verdeutlichen. Der Wissensstand entspricht in etwa dem um 1870. Unter der Heizfläche eines Kessels verstand man die Oberfläche des Kessels, die von der einen Seite von den Heizgasen und auf der anderen Seite vom Kesselwasser berührt wurde. Die Heizfläche war die für die Wärmeübertragung wirksame Fläche des Kessels. Bei der Kesselauslegung war immer die Größe der Heizfläche zugrunde zu legen, die den Heizgasen zugekehrt war.

Nach F. Redtenbacher, einem Pionier der Maschinenwissenschaften jener Zeit, war:

$$H = \frac{B(1+L)cp}{k} \ln \frac{T-t}{T_1-t}$$

Darin war:  $B$  - verfeuerte Brennstoffmenge in kg/Sid

$L$  - Luftmenge zur Verbrennung von 1kg Brennstoff

$cp$  - spez. Wärme der Heizgase

$k$  - Wärmedurchgangskoeffizient

$T$  - Verbrennungstemperatur im Feuerraum

$T_1$  - Temperatur der Heizgase in der Rauchkammer

$t$  - Temperatur des Wasser im Kessel

Die Hypothese, die dieser Formel zugrunde lag, war: der Wärmedurchgang ist proportional zur Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der Heizgase und der Temperatur des Kesselwassers.

R. Werner, ebenfalls ein ausgewiesener Fachmann auf dem Gebiet der Dampftechnik, schlug zur Berechnung der Heizfläche eine andere Gleichung vor:

$$H = \frac{B(1+L)cp}{k} \frac{T-T_1}{(T_1-t)(T-t)}$$

Werner ging von der Hypothese aus, dass der Wärmedurchgang proportional dem Quadrat des Temperaturunterschieds ist. Die Ergebnisse dieser Berechnungen waren bei diesem Stand der technischen Wissenschaften natürlich nicht genau gleich, aber die unmittelbar wirksamen Parameter waren abgebildet und in eine brauchbare physikalische Beziehung gesetzt.

In den nächsten Schritten ging man dazu über, die physikalischen Beanspruchungen aufgrund der Bauteilgeometrie und Belastungen mit den Kennwerten der eingesetzten Werkstoffe zu verbinden. Vorreiter waren die Polytechnischen Schulen, Gewerbeinstituten und anderen technischen Bildungseinrichtungen in Deutschland. Der Unterschied zum erfahrungsorientierten Vorgehen war fundamental. Mit hinreichend sicheren Werkstoffkennwerten und den technisch-physikalischen Gleichungen konnten die Ingenieure jetzt Maschinen mit vertretbarem Risiko „auslegen“. Auch völlige Neukonstruktionen waren ohne vorangegangene Betriebsverfahren beherrschbar. Anfang des 20. Jahrhunderts war die Entwicklung der technischen Wissenschaften so weit fortgeschritten, dass Auslegungsberechnungen weitgehend einheitlich und ohne große Differenzen vorgenommen werden konnten. Das betraf sowohl die wärmetechnische Seite als auch die Berechnung der Bauteilgestalt.

**Anmerkung**  
Grundsätzlich muss ein Dampfkessel folgende (selbstverständliche) Anforderungen erfüllen:

- er muss wasser- und dampfdicht sein,
  - er muss dem Kesseldruck standhalten,
  - er muss den hohen Temperaturen (insbesondere bei Innenfeuerungen) gewachsen sein,
  - er muss einen guten Wärmeübergang von den Heizgasen zum Kesselwasser besitzen.
- Die Erzeugung des Dampfes im Kessel setzt sich aus zwei Vorgängen zusammen: der Verbrennung des Brennmaterials und der Wärmeübertragung von den Heizgasen über die inneren „Kesselwände“ zum Kesselwasser. Damit diese Wärmeübertragung möglichst vollständig geschieht, leitet man die Heizgase auf verschiedenen Wegen durch den Kessel bzw. außen am Kessel vorbei. Diese unterschiedlichen Wege bezeichnet man im Kesselbau als „Züge“.

**Anmerkung**

Eine wichtige Frage bei der Auslegung des Kessels war die des eingesetzten Materials. Am Anfang der Entwicklung waren kupferne Kessel vorherrschend. Die Gründe waren nicht nur wärmetechnischer Natur, sondern primär Herstellungsgesichtspunkte. Kupfer war gut in größeren Platten zu walzen, leicht zu verformen, und hatte eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit. Die Festigkeit, insbesondere bei höheren Temperaturen, war allerdings gering. Bei den frühen eisernen Kesseln ist auffällig, dass sie aus einer Vielzahl sehr kleiner Eisenplatten genietet waren. Diese Platten waren in gleichmäßiger Qualität schwer herzustellen. Am Anfang wurden diese Platten noch geschmiedet. Das Walzen von größeren Blechen aus Eisen war mit den vorhandenen Mitteln noch nicht möglich. Diese genieteten Kessel waren wesentlich „fester“ als die kupfernen, aber durch die vielen Verbindungsselemente waren sie schwer dicht zu bekommen.

Die Wärmeleitfähigkeit der Kesselwerkstoffe war sehr unterschiedlich. Sie wurde durch eine materialabhängige Größe, die Wärmeleitfähigkeit bzw. den Wärme-Leitungskoeffizienten  $\lambda$ , charakterisiert. Der Koeffizient war ein Maß für den, bei idealisierter Betrachtung, zwischen zwei parallelen Flächen eines Körpers pro Zeiteinheit und bei einer bestimmten Temperaturdifferenz durchgeleiteten Wärmestrom. Die historische Einheit dieser Größe war: Wärmeinheit (WE) / (Flächenabstand (m) x Zeit (Std.) x Temperaturdifferenz (°C)).

Die Werte von  $\lambda$  waren:

- Eisen 40 bis 70 (je nach Kohlenstoffgehalt),
- Kupfer 260 bis 330 (je nach Phosphorgehalt),
- Messing 70 bis 108 (je nach Legierung).

**Anmerkung**

Üblicherweise wurde die gesamte Heizfläche vom Kesselwasser umschlossen. Es gab aber auch Kessel, bei denen zwei Arten von Heizflächen vertreten waren. Zum einen die wasserberührenden, zum anderen die dampfberührenden. Man bezeichnet sie als Wasserheizflächen und Dampfheizflächen. Dampf leitete die Wärme schlecht. Dampfheizflächen waren in Bezug auf die Heizleistung wenig wirksam und wurden nicht zur Heizfläche gerechnet. Dampfheizflächen sorgten u.a. für eine gute Dampftrocknung.

**Anmerkung**

Für die Auslegung der Größe des Wasserraums und des Dampfraums gab es nur wenige Hilfen. Beide Größen waren stark von den Betriebsbedingungen (Druck, stündliche Verdampfungsleistung, Belastungsschwankungen, Güte der Nachspeisung u.a.m.) und der Kesselbauart abhängig. Einen großen Dampfraum wählte man, wenn die Dampfentnahme stark schwankte. Im Dampfraum wurde auch ein Teil des beim Verdampfen mitgerissenen Wassers ausgeschieden. Einige Dampfmaschinen-Fachleute empfahlen die Größe des Dampfraumes in Abhängigkeit des je Hub der Maschine verbrauchten Dampfes zu wählen. Empfohlene Werte lagen in den Grenzen des 12 bis 16fachen des Dampfverbrauchs je Maschinenhub.

**Anmerkung**

Gusseiserne Kessel waren am Anfang der Entwicklung in kleineren Ausführungen in Gebrauch. Bei ihnen war man in der Formgebung freier und die Herstellkosten lagen unter denen vergleichbarer Kessel aus genieteten Blechplatten. In dieser Phase war bei der Vielzahl an Nieten die dampfdichte Herstellung genieteter Kessel ein Problem. Es dauerte einige Jahrzehnte, bis man die Technik beherrschte. Häufige Explosionen gegossener Kessel brachten diese aber bald in Misskredit. Das spröde Material versagte ohne vorherige Hinweise durch Undichtigkeiten schlagartig. Fehlstellen im Guss konnten mit den verfügbaren Mitteln nicht erkannt werden. Bei den gusseisernen Kesseln fand, wie bei den genieteten, eine lebhaftere Weiterentwicklung unter Berücksichtigung der speziellen Eigenschaften des Werkstoffs stand. Allerdings bei Kesseln für Maschinen kleiner Leistung. Typische Anwendungsfelder waren die Kleinkessel spezieller Bauart von Hausmaschinen, Gewerbemotoren und anderen Kleindampfmaschinen.

### 10.3 Liegende Kessel

#### 10.3.1 Kofferkessel

Kofferkessel sind am Anfang der Entwicklung „ortsveränderlicher“ Dampfmaschinenanlagen zum Einsatz gekommen. Der relativ kompakte Kessel stand in der Nähe der eigentlichen Dampfmaschine. Er hatte immer eine Unterfeuerung. Der Rost mit dem Brennmaterial lag unter dem Kessel. Die Heizgase umströmten den Kessel von unten und an den Seiten. Maschine und Kessel waren noch nicht zu einer Einheit zusammengefasst. Der Kessel war ortsfest, die Maschine zerlegbar. Zu Beginn der Entwicklung ortsveränderlicher Dampfmaschinen war die Zerlegung der Maschine und nachfolgender Wiederaufbau am neuen Einsatzort häufig. Während der oft jahrzehntelangen Nutzungsdauer der Maschinen änderten sich die Anforderungen. Die Zerlegung der teuren Technik war damals die einzige Möglichkeit zur erneuten Nutzung. Bei den „eigentlichen“ Lokomotiven war diese Kesselbauart ohne Bedeutung.

#### 10.3.2 Walzenkessel, Zylinderkessel

Die Bezeichnung Walzenkessel oder Zylinderkessel beschreibt die Hauptform des Kessels. Der zylindrisch geformte Kesselmantel hatte meist gewölbte Böden. Am Anfang setzte man halbkugelförmige Böden ein, später „elliptische“. Bei gleicher Materialstärke waren elliptische Böden wesentlich höher belastbar. Die Heizgase der untenliegenden Feuerung umströmten den gesamten Kessel von außen. Als stationärer Kessel war er eingemauert. Die großen Vorteile dieser Bauart waren: einfache und preiswerte Herstellung, große Betriebssicherheit, bequeme Reinigung und Wartung sowie der große Dampfdruck. Bei Walzenkesseln ist das Ordnungsmerkmal „liegende Kessel“ nur bedingt zutreffend. Es gab auch Bauarten mit abgeknickt angeordneten Walzen (beispielsweise die „Kniekessel“ der Maschinenfabrik G. Kuhn aus Stuttgart-Berg) oder sogenannte Batteriekessel mit mehreren unterschiedlich angeordneten liegenden Kesselteilen. Die Verdampfungsleistung war, auch bei Mehrfach-Walzenkesseln mit neben oder übereinander liegenden Teilkesseln, mäßig. Sie lag bei etwa 6 bis 8 kg Dampf/Std. je m<sup>2</sup> Heizfläche. Den technischen Stand eines frühen Walzenkessels aus dem Jahr 1842 zeigt die **Tafel 10.3.2/1**. Der eigentliche Kessel bestand aus zwei Teilen, einem Unterkessel, der vom ersten Zug der Heizgase umströmt wird und einem Oberkessel im zweiten Zug. Der Kessel hatte Planrost-Unterfeuerung, eine einfache manuelle Einrichtung zur Lockerung des Feuerbetts und Reinigung des Rostes von unten, eine selbsttätige Wasserstandsregelung und eine geringe „Überhitzung“.

Bei Halblokomotiven hat man Versuche mit Walzenkesseln durchgeführt. Die Kessel besaßen in diesen Fällen im Feuerteil der äußeren Feuerung eine Blechverkleidung mit sehr guter innerer Isolierung (mehrere Asbestlagen). Es ist aus der **Tafel 10.3.2/1** unmittelbar ersichtlich, dass trotz vieler Vereinfachungen und kompakter Isolierung diese Bauart schwer an den ortsveränderlichen Betrieb angepasst werden konnte. Eine Verbreitung haben Walzenkessel bei Lokomotiven nicht gefunden. Ein besonderes Merkmal der Walzenkessel wurde allerdings bei einigen Lokomotivkesseln übernommen, und zwar das der „mehrfachen Züge“. Ein Beispiel sind die zweizügigen Kessel. Der erste Zug ging durch die Rauchrohre, der zweite wurde durch weitere Rohre zurückgeführt.

#### 10.3.3 Flammrohrkessel

In den historischen Quellen ist die Bezeichnung dieser Kesselbauart sehr unterschiedlich. Häufig findet man Begriffe wie „Feuerröhrenkessel“, „Flammrohrkessel“, „Innenfeuerkessel“ u.a.m. Hier wird die Bezeichnung „Flammrohrkessel“ verwendet, sie beschreibt den Aufbau am besten. Flammrohrkessel waren liegende Walzenkessel mit 1 bis 4 längs eingebauten,

großen Flammrohren. Die Heizgase durchströmten den Kessel im Regelfall von innen durch die Flammrohre. Um eine bessere Wärmeübertragung zu erreichen, wurden oft mehrere Flammrohre eingesetzt. Flammrohrkessel mit einem Flammrohr bezeichnete man auch als Cornwallkessel. Das Flammrohr war im Allgemeinen nicht zentrisch angeordnet sondern seitlich versetzt (Seitenrohrkessel). Dadurch wurde eine intensive Bewegung und Durchmischung des Kesselwassers erreicht. Die Flammrohre konnten glatt oder gewellte sein. Kessel mit gewellten Rohren waren stabiler und sie besaßen eine größere wirksamere Heizfläche (Wellrohrkessel). Kesselböden und Flammrohr waren vernietet. Durch die starke Längsdehnung der Flammrohre wurden die Kesselböden stark beansprucht. Es konnte leicht zu Krepennissen kommen. Bei der Verwendung von Wellrohren war dieses Problem geringer. Es gab diese Kessel mit zwei Feuerungsarten: Innenfeuerung oder Vorfeuerung. Bei Innenfeuerung war die Rostfläche, meist ein Planrost, an einer Seite im Flammrohr angeordnet. Die Größe des Feuerraums war begrenzt. Bei Vorfeuerung konnte der Feuerraum in Form einer „Feuerbüchse“ dem Kessel vorgelagert und entsprechend groß gemacht werden. Der Unterschied zu den Rauchrohrkesseln bestand darin, dass die Flammen der Vorfeuerung durch den Zug bewusst in die großen Feuerrohre gezogen wurden. Bei Rauchrohrkesseln wurde das Durchschlagen der Flammen durch z.B. Feuerbrücken verhindert. Bei der Vielzahl an Rauchrohren konnte es bei den kleinen Rohrdurchmessern schnell zu Überhitzungen kommen. Die Flammrohre bildeten bei Flammrohrkesseln den ersten Zug (erste Hitze). Es bestand die Möglichkeit, die Heizgase innen seitlich zurückzuführen (Seitenzüge, zweite Hitze), unten zurückzuführen (Unterzüge) und/oder den gesamten Flammrohrkessel außen von den Heizgasen umströmen zu lassen. Das setzte allerdings eine entsprechende Isolation, zumeist eine Einmauerung, des Kessels voraus. Der Kessel war in diesem Fall nur für den stationären Betrieb geeignet. In die Flammrohre wurden oft quer liegende Siederohre (Galloway-Rohre, Quersiederohre) eingesetzt. Sie erhöhten die wirksame Heizfläche beträchtlich und verhinderten ein Zusammenrücken der Flammrohre durch den Kesselruck. Diese Kesselbauart war bei stationären Maschinen häufig anzutreffen. Es gab Flammrohrkessel mit Quersiedern auch bei Lokomotivkesseln. Der Flammrohrkessel war relativ einfach im Aufbau, er besaß, da bei Innenfeuerung der gesamte Feuerraum von der wirksamen „Heizfläche“ umgeben war, einen guten Wirkungsgrad. Die Anforderungen an das einzusetzende Brennmaterial, zumeist Kohle, und die Qualität des Kesselwassers waren allerdings hoch. Die Verdampfungsleistung der Flammrohrkessel lag, je nach Ausführung und Größe des Kessels, bei glatten Flammrohren bei 15 bis 25 kg Dampf/Std. je m<sup>2</sup>, bei Wellrohrkesseln bei 18 bis 26 kg Dampf/Std. je m<sup>2</sup> Heizfläche. Sie war im Vergleich mit anderen Kesselbauarten groß.

Liegende Flammrohrkessel wurden bei Lokomotiven selten eingesetzt und dann meist ohne Rückführung der Heizgase. Mit Vorfeuerung findet man sie bei Halblokomotiven.

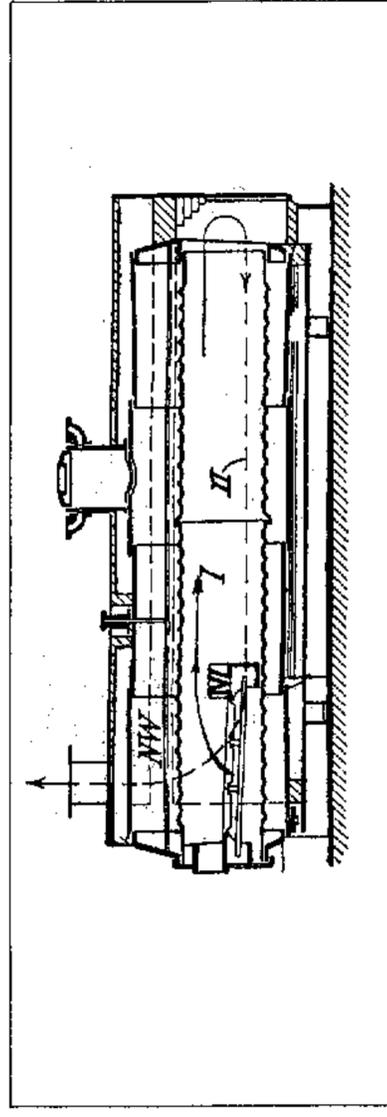
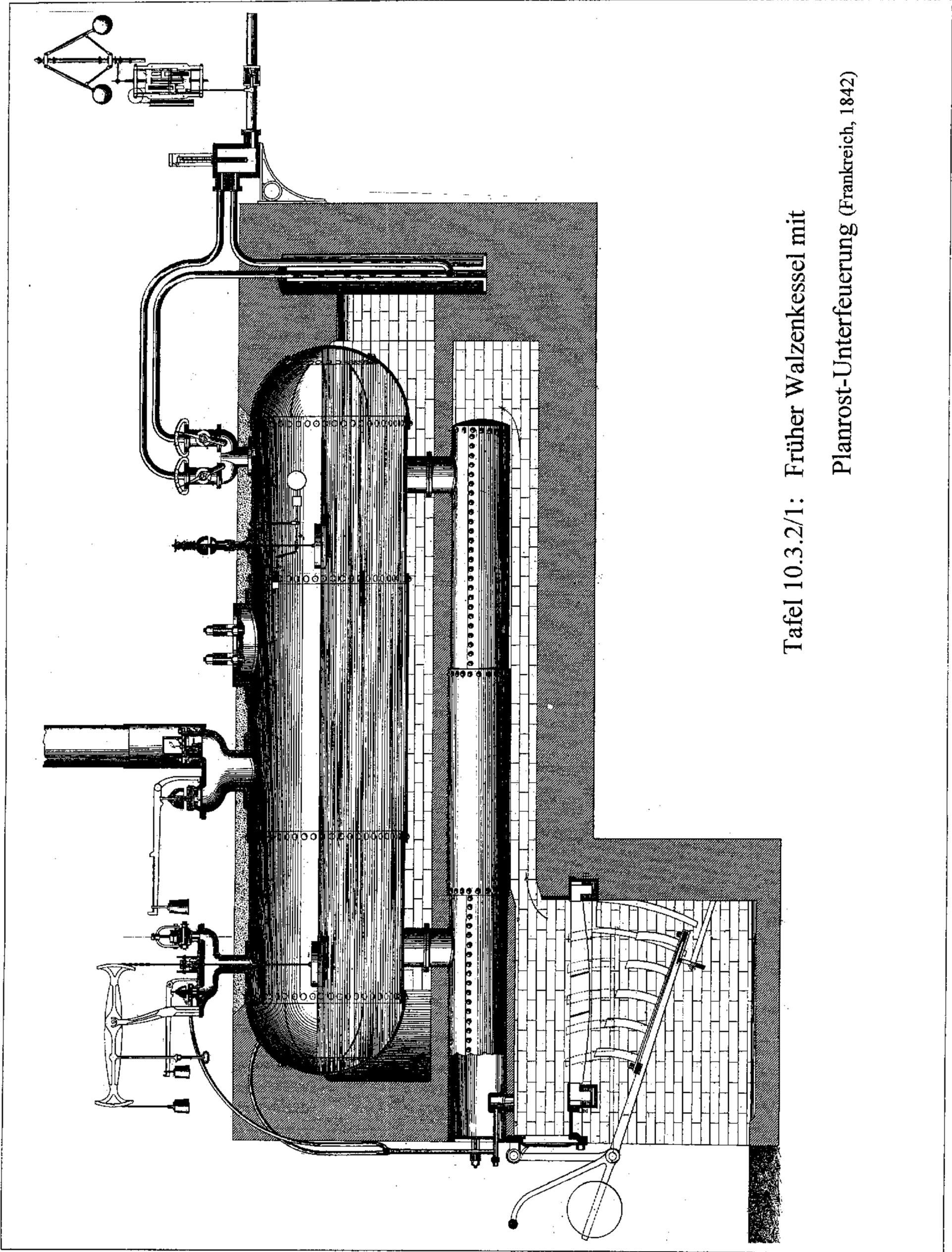


Bild 10.3.3/1: Einflammrohrkessel, gewelltes Flammrohr, Innenfeuerung, zwei Züge (1908)



Tafel 10.3.2/1: Früher Walzenkessel mit  
Planrost-Unterfeuerung (Frankreich, 1842)

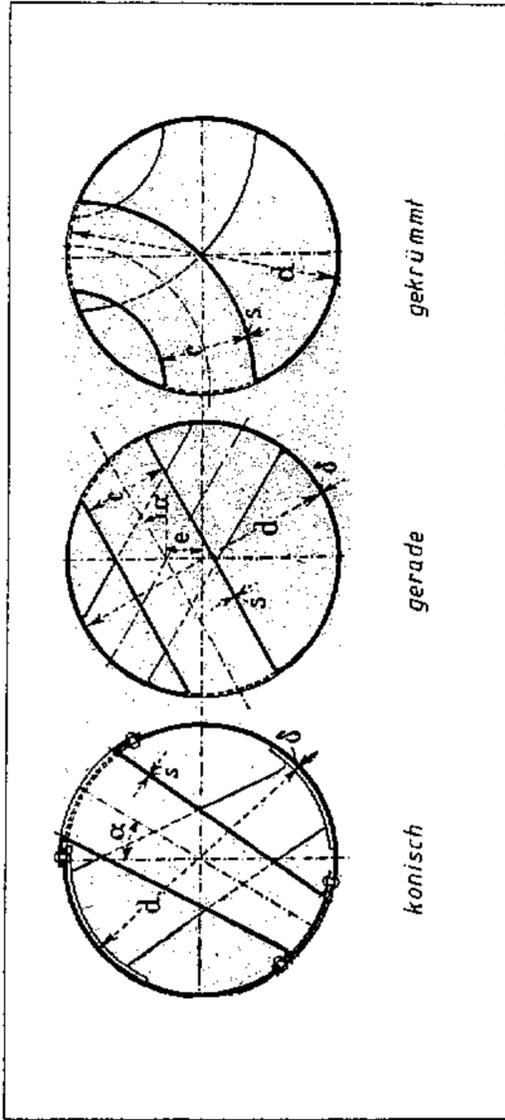


Bild 10.3.3/2: Verschiedene Formen von Quersiederrohren bei Flammrohrkesseln

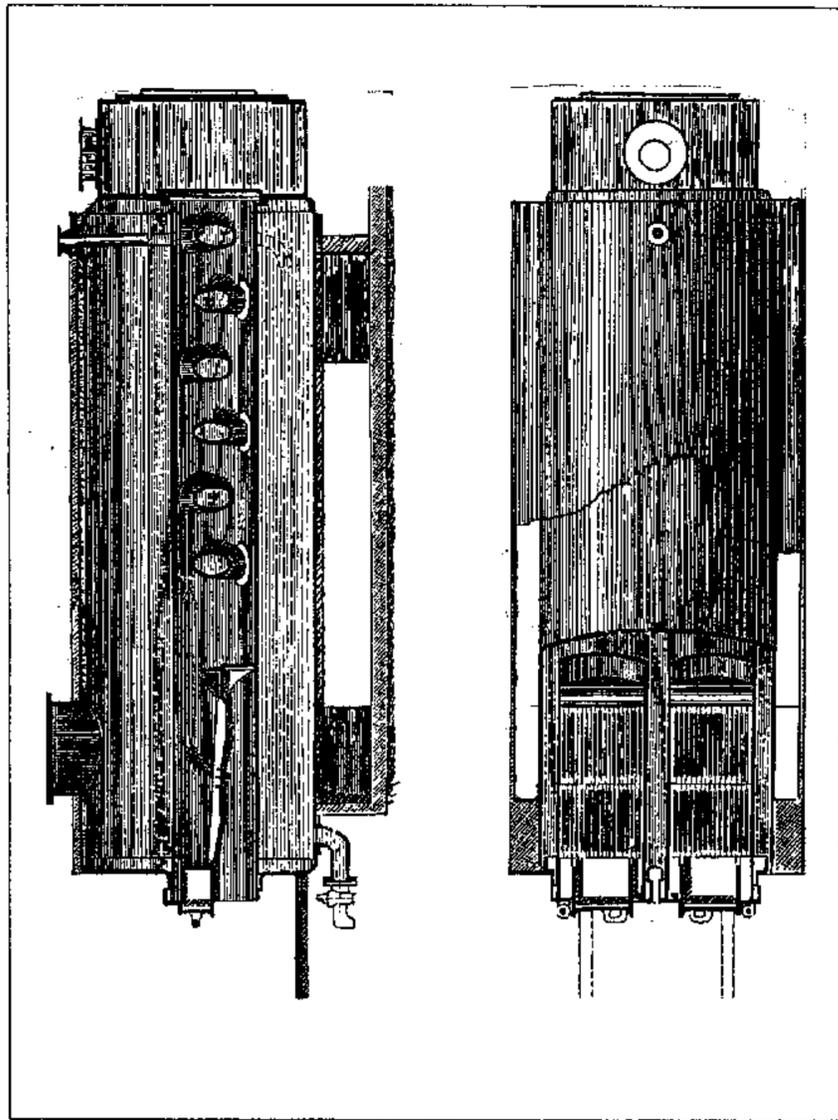


Bild 10.3.3/3: Zweiflammrohrkessel mit glatten Flammrohren, konischen Quersiedern und Innenfeuerung (1890)

### 10.3.4 Rauchrohrkessel

Die Bezeichnung für diese Kesselbauart war unterschiedlich. Neben „Rauchrohrkessel“ wurden diese Kessel auch als „Heizrohrkessel“, „Heizgaskessel“ oder etwas missverständlich auch als „Feuerröhrenkessel“ bezeichnet. Der liegende, zylindrische Außenkessel wurde bei Rauchrohren, durchzogen. Die Bauart erinnerte entfernt an Flammrohrkessel mit einer großen Anzahl sehr kleiner „Flammrohre“. Der große Vorteil dieser Bauart bestand darin, dass auf relativ kleinem Raum eine sehr große Heizfläche untergebracht werden konnte. Die Rauchrohre waren in den Kesselböden eingewalzt oder mit Gewinden befestigt (Ankerrohre). Im Inneren der Rohre strömten nur die Heizgase. Das Durchschlagen der Flammen verhinderte man durch entsprechende Maßnahmen (Feuerleitbleche, Feuerbrücken etc.). Die Rohre wurden von außen vom Kesselwasser umspült. Größere Kessel besaßen meist Unterfeuerung und mehrere Züge für die Heizgase. Der erste Zug wurde beispielsweise als Unterrug ausgeführt, der zweite Zug durch ein Rohrbündel rückgeführt und der dritte Zug ging seitlich am Kessel als Seitenzug vorbei. Es sind auch Varianten mit erstem Zug vorwärtsgehend durch die Rauchrohre und mit zweiten Zügen rückwärtsgehend über weitere Rauchrohre durch den Kessel im Einsatz gewesen. Bei stationären Anlagen waren die Kessel eingemauert. Kleinere Kessel für ortsveränderliche Maschinen sind auch mit Vorfeuerung, einem Zug und Rauchkammer gebaut worden. Rauchrohrkessel besaßen, bei gleicher Grundfläche, einen guten thermischen Wirkungsgrad. Die Aufheizzeit war gering. Sie konnten leicht an unterschiedliche Aufgaben angepasst werden. Die Verdampfungsleistung der Rauchrohrkessel war stark von der konstruktiven Ausführung abhängig. Sie lag bei 10 bis über 20 kg Dampf/Std, je m<sup>2</sup> Heizfläche. Rauchrohrkessel sind auch als kombinierte Kessel, beispielsweise mit einem Flammrohr und rückkehrenden Rauchrohren und anderen Kombinationen, gebaut worden. Reine Rauchrohrkessel wurden vereinzelt bei Halblokomobilen eingesetzt. Bei fahrbaren Lokomobilen findet man sie selten. Sie hatten dann eine Art „Vorfeuerung“ in Form eines vorgesetzten „Feuerkastens“. Der Kasten bestand im Allgemeinen aus Gusseisen und war innen mit feuerfesten Steinen ausgemauert. Trotzdem waren die Wärmeverluste bei dieser Ausführung groß. Man bezeichnete diese Kessel auch als Feuerkasten-kessel.

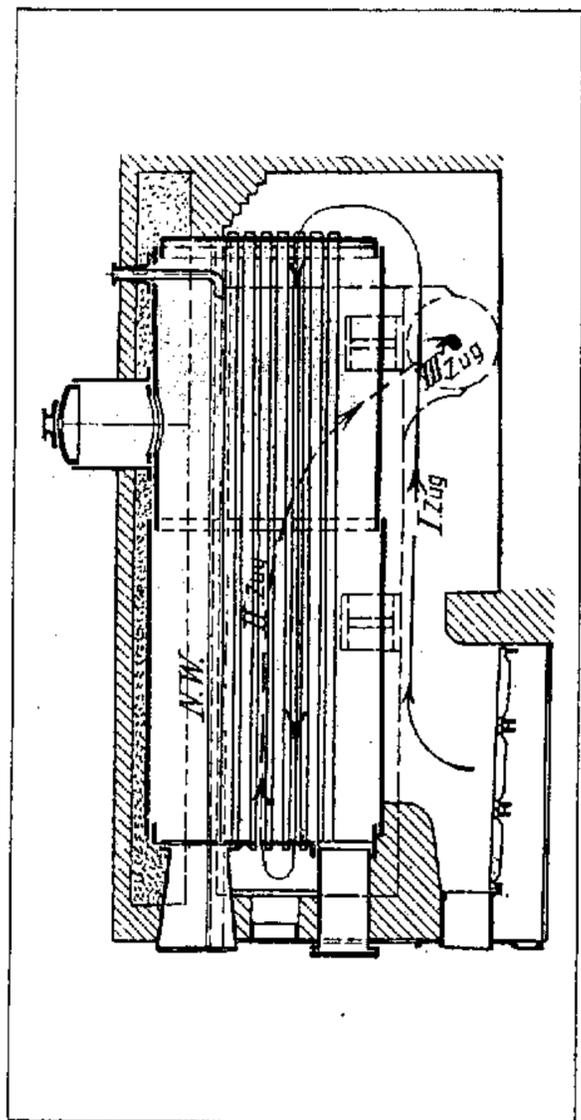


Bild 10.3.4/1: Großer stationärer Rauchrohrkessel mit Unterfeuerung und drei Zügen (um 1918)

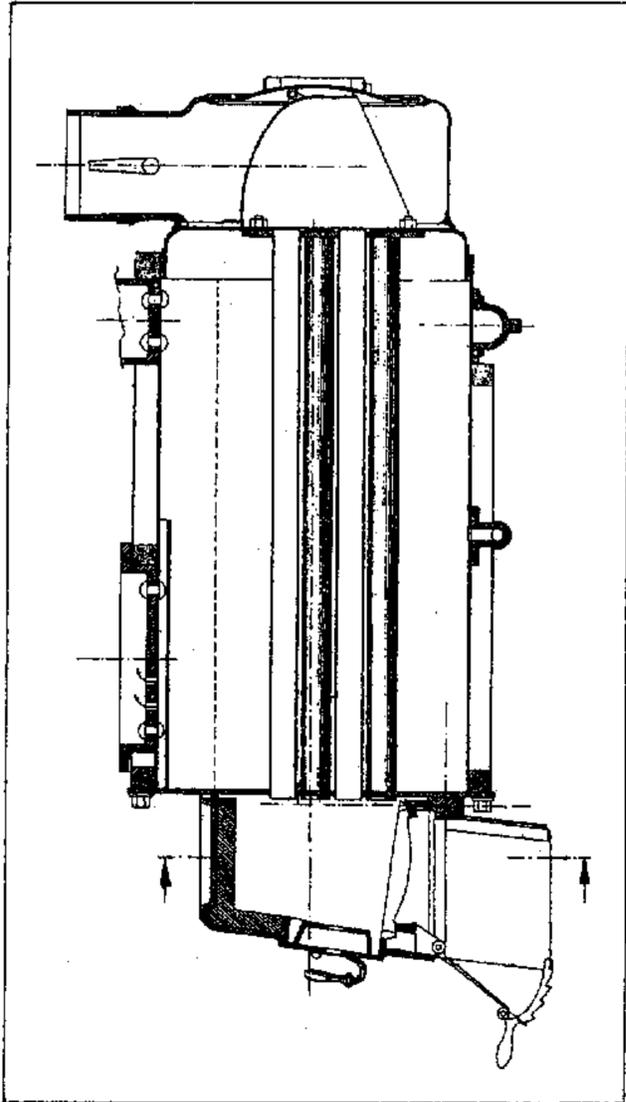


Bild 10.3.4/2: Rauchrohrkessel einer fahrbaren Lokomobile mit Vorfeuerung durch vorgesetzte „Feuerkiste“ (Maschinenfabrik von Behne und Siegel, 1876)

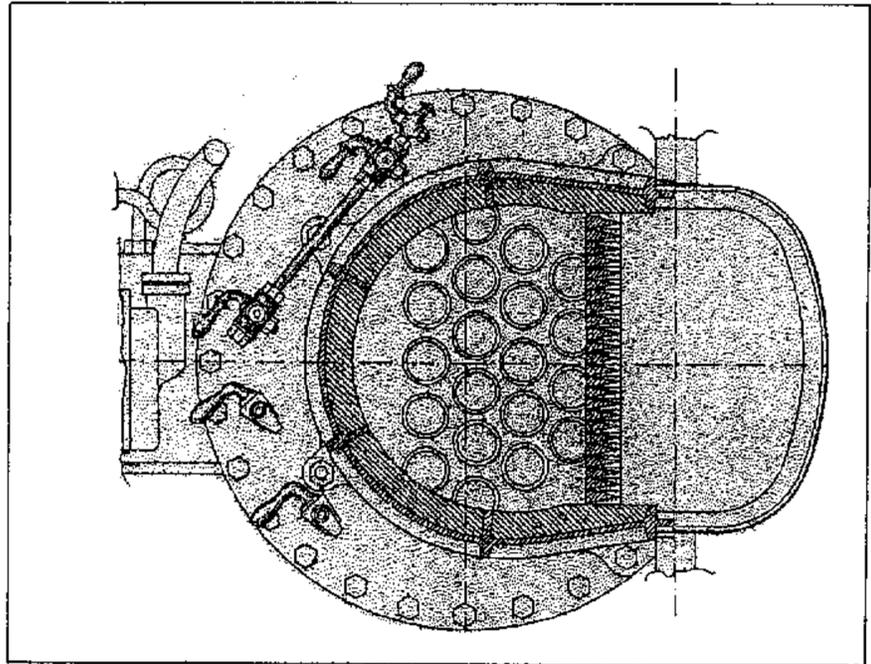


Bild 10.3.4/3: Rauchrohrkessel einer fahrbaren Lokomobile mit Vorfeuerung durch vorgesetzte „Feuerkiste“, Schnitt durch die „Feuerkiste“ (Maschinenfabrik von Behne und Siegel, 1876)

### 10.3.5 Feuerbüchsenkessel

#### 10.3.5.1 Grundlegende Bauarten

Als Feuerbüchsenkessel wurden alle Kessel mit einer innenliegenden Feuerbüchse bezeichnet. Von der Feuerbüchse ging im Allgemeinen eine große Anzahl von Rauchrohren nach vorne in die Rauchkammer. Bei fahrbaren Lokomotiven mit liegendem Kessel und Halblokomotiven war diese Bauart Standard. Es gab diese Kessel in einer Vielzahl an Ausführungen. Bei modernen Lokomotivkesseln war die Feuerbüchse vollständig in den Kessel verlegt (Innenfeuerung) und weitgehend vom Kesselwasser umschlossen. Die Kessel wurden einerseits nach ihrer äußeren Form und zum anderen nach ihrem inneren Aufbau unterschieden. Bei den äußeren Formen gab es drei Grundbauarten. Die häufigste Form bestand aus dem zylindrischen Hauptkessel, der an der Heizerseite durch einen meist kastenförmigen Anbau ergänzt wurde, der die innere kastenförmige Feuerbüchse aufnahm. Diese Bauart war von den Lokomotivkesseln bekannt, umgangssprachlich bezeichnete man diese Bauart auch bei Lokomotiven als „Lokomotivkessel“. Am vorderen Ende war die Rauchkammer platziert. Die andere Grundbauart besaß auch einen zylindrischen Hauptkessel, an der Heizerseite war aber ein stehendes zylindrisches Teil mit einem etwas größeren Durchmesser angeflanscht. Die innenliegende Feuerbüchse war ebenfalls zylindrisch. Vorne war wieder die Rauchkammer angeordnet. Bei der dritten Variante war an der Heizerseite ein liegender zylindrischer Anbau angesetzt. Die innere (zylindrische) Feuerbüchse lag, leicht exzentrisch, im zylindrischen Anbau. Der liegende Rauchrohrteil und die Rauchkammer waren wie bei den vorgenannten Bauarten ausgeführt. Diese Bauart hatte den großen Vorteil, dass die inneren Kesselteile zur Kesselreinigung komplett herausgezogen werden konnten. Bei einigen Ausführungen hatten der Kessel und der zylindrische Feuerkastenbau gleichen Durchmesser. Das vereinfachte die Herstellung der Kessel.

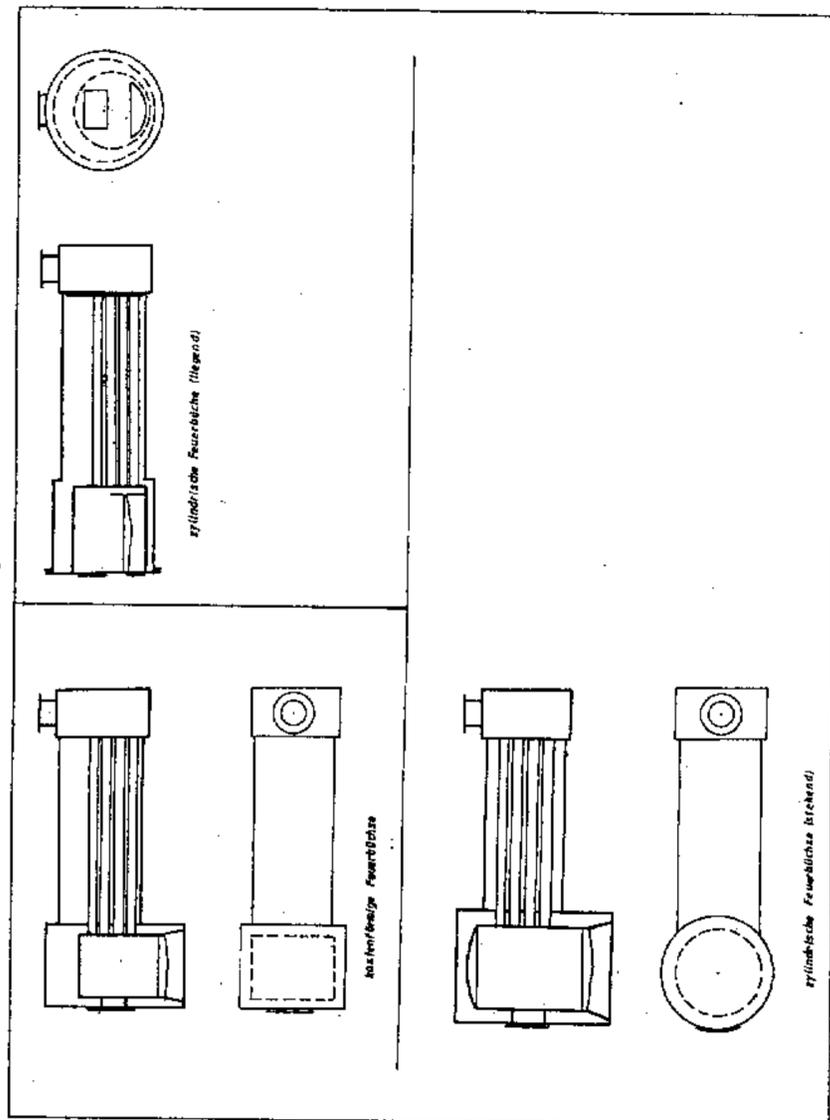


Bild 10.3.5/1: Grundformen der Feuerbüchsenkessel

Im zylindrischen Hauptkessel war eine größere Anzahl an Rauchrohren untergebracht. Sie waren an der Heizerseite in der vorderen Wand der inneren Feuerbüchse befestigt, an der Rauchkammerseite mit der entsprechenden Wand der Rauchkammer. Durch diese Bauweise konnten auf kleinem Raum große Heizflächen untergebracht werden. Sie war bei den Lokomotiven bewährt und wurde fertigungsseitig gut beherrscht. Entsprechend der Bauartsystematik bei Dampfesseln kann man Lokomotivkessel mit kurzem zylindrischem Flammrohrteil und abgehenden Rauchrohren auch als „Flammrohrkessel mit Rauchrohren“ bezeichnen. Diese Bezeichnung ist allerdings bei Lokomotiven nicht gebräuchlich gewesen. In einigen Quellen werden diese Kessel auch nur als besondere Form der Rauchrohrkessel behandelt.

Üblich war bei Lokomotivkesseln mit kastenförmigem Anbau an der Feuerungsseite eine Einteilung nach Lage und Form der „Feuerbüchse“ (kastenförmig, oval, halboval u.a.m.). Weitere Ausführungsvarianten ergaben sich durch die unterschiedlichen Möglichkeiten der Zerlegung für Reinigungszwecke an den inneren Teilen. Es gab Kessel aus fest zusammengebaute Baugruppen. Eine innere Reinigung war bei ihnen schwierig und nur durch sogenannte „Mannlöcher“ oder kleinere Öffnungen im Kesselmantel möglich. Man entwickelte daher Kessel, bei denen beispielsweise die Rauchrohrpakete oder die Rauchrohre und die innere Feuerbüchse zur Reinigung vollständig herausgezogen werden konnten. Bei Kesseln mit liegender zylindrischer Feuerbüchse wurde sehr häufig der gesamte Innenteil zur Reinigung herausziehbar ausgeführt.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal war ferner die Strömungsrichtung der Heizgase durch die Rauchrohre. Es gab Kessel mit „vorgehenden“ Rauchrohren. Sie hatten einen Zug-Kessel mit „rückkehrenden“ Rauchrohren besaßen zwei Züge. Den vorgehenden Zug bildete beispielsweise ein Flammrohr, den rückkehrenden Zug die Rauchrohre. Diese Kessel unterschieden sich im Aufbau grundlegend von den einzügigen Kesseln. Die Form und Anordnung der Feuerbüchse, der Dampfdom, die Rauchkammer und die Lage von Überhitzern waren völlig anders. Das auffälligste Merkmal war, dass die Feuerbüchse und die Rauchkammer an einer Seite lagen. Die Bauart gestattete große Heizflächen auf kleinstem Raum unterzubringen. Die Kessel waren allerdings wesentlich teurer. Die übliche Ausführung bei Lokomotiven waren Kessel mit „vorgehenden“ Rauchrohren.

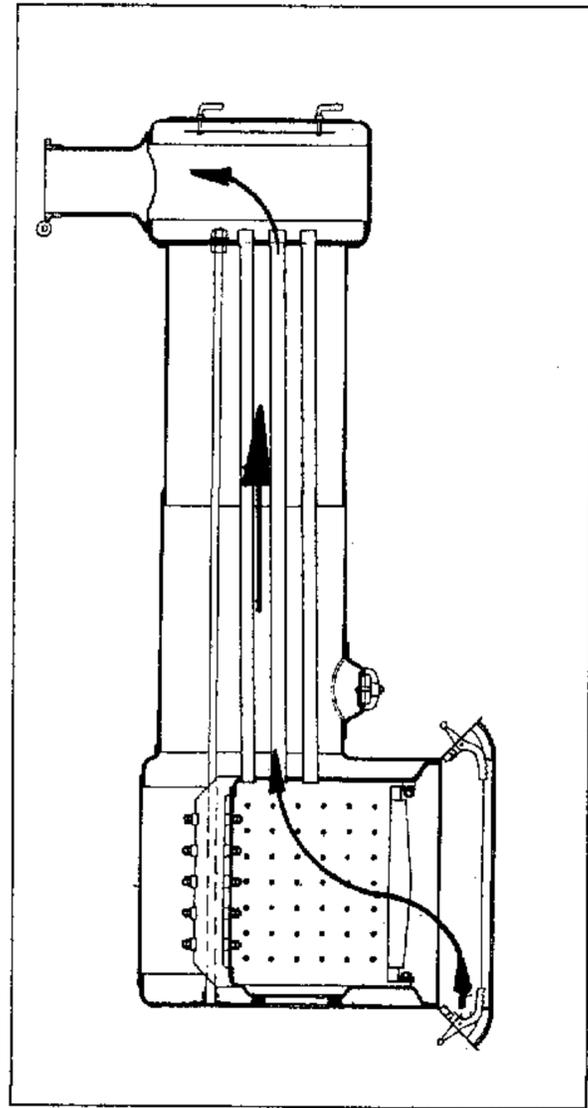


Bild 10.3.5/2: Kessel mit „vorgehenden“ Rauchrohren für eine fahrbare Lokomotive (Maschinenfabrik Th. Flöther, 1912)

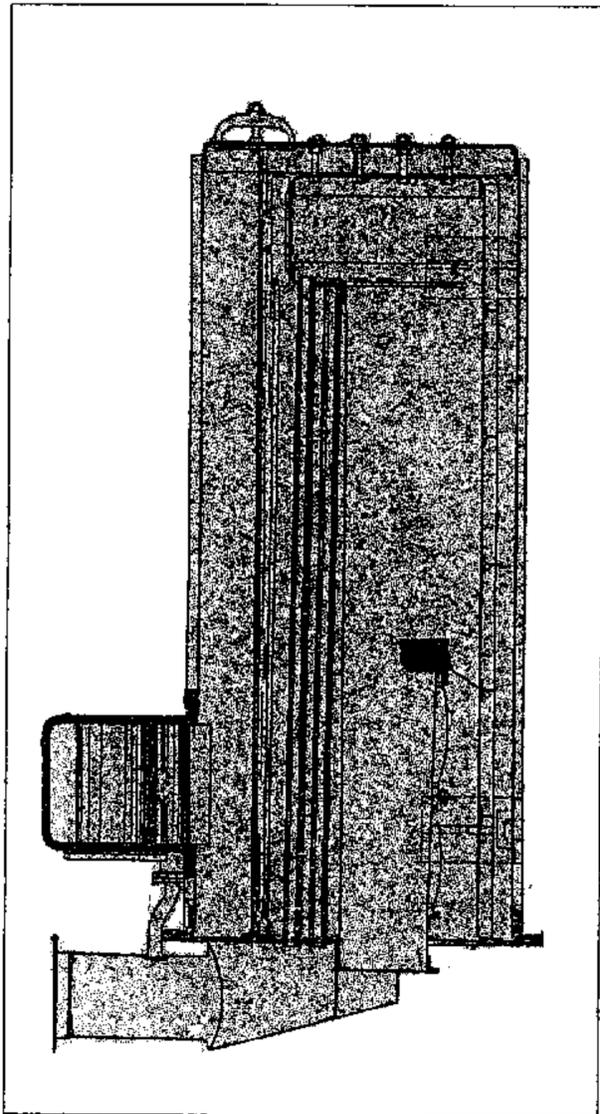


Bild 10.3.5.1/3: Kessel mit „rückkehrenden“ Rauchrohren einer fahrbaren Lokomobile (Maschinenfabrik der Gebr. Höcker, um 1890)

### 10.3.5.2 Lokomobilkessel mit „vorgehenden“ Rauchrohren

#### 1. Kessel mit kastenförmiger Feuerbüchse

Man bezeichnete diese weit verbreitete Ausführung auch als „Kessel nach dem englischen System“ oder Lokomobilkessel mit kubischer Feuerbüchse. Der Feuerbüchsenanteil bestand aus einem äußeren Mantel (der äußeren Feuerbüchse) und der innenliegenden (eigentlichen) Feuerbüchse. Unten lagen der Rost und der Aschekasten. Bei der einen wurde der äußere Feuerbüchsenanteil im Wesentlichen zwei Ausführungen. Bei der einen wurde der äußere Feuerbüchsenanteil von flachen Seitenplatten begrenzt und die obere Platte halbzylindrisch (bzw. elliptisch) ausgeführt. Bei halbzylindrischer oberer Platte wurde im Allgemeinen die Form des zylindrischen Kessels fortgeführt. Die innere Feuerbüchse bestand aus ebenen Platten. Als Material wurde meist Schmiedeeisen verwendet, selten Kupfer. Die vordere Platte hatte eine Öffnung für das Feuergerüst. In die hintere Platte waren die Rauchrohre eingewalzt. Um eine Deformation der inneren Feuerbüchse durch den Dampfdruck zu vermeiden, mussten die Seitenwände durch eine Vielzahl von Bolzen abgestützt werden. Die Oberplatte wurde durch Deckbalken oder Bolzen stabilisiert. Der Zylinderkessel bestand aus einzelnen, vernieteten Platten. Die Rauchkammer war im Allgemeinen mit dem Zylinderkessel fest verbunden.

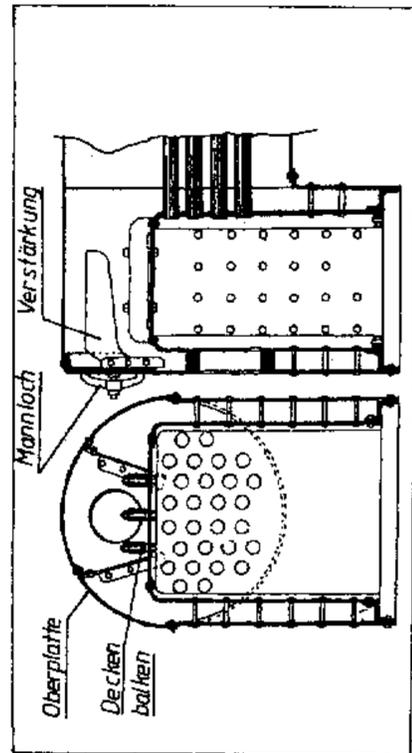


Bild 10.3.5.2/1: Feuerbüchsenmantel mit halbzylindrischer Oberplatte und kastenförmiger, innerer Feuerbüchse

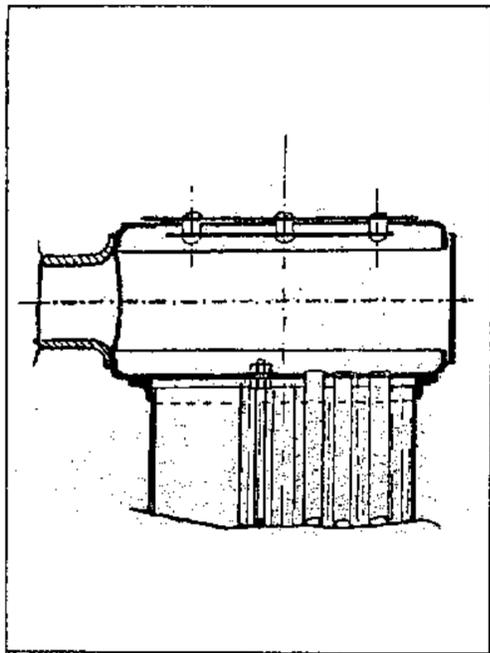


Bild 10.3.5.2/2: Verbindung der Rauchkammer mit dem Zylinderkessel (Ausführungsbeispiel)

Die Verbindung der Rauchrohre mit den entsprechenden Kesselteilen (Feuerbüchsenplatte, Kesselboden etc.) konnte auf unterschiedlichste Art vorgenommen werden. Bei Lokomobilkesseln war das einfache Aufwalzen der Rohre üblich. Heizgasführende Ankerrohre, sie nahmen den Großteil der axialen Kräfte infolge des Dampfdrucks auf, wurden meist verschraubt.

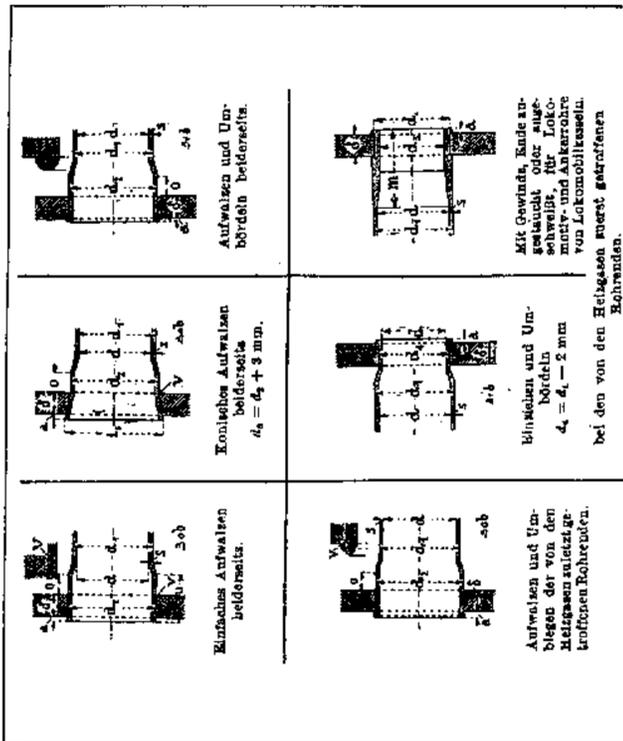
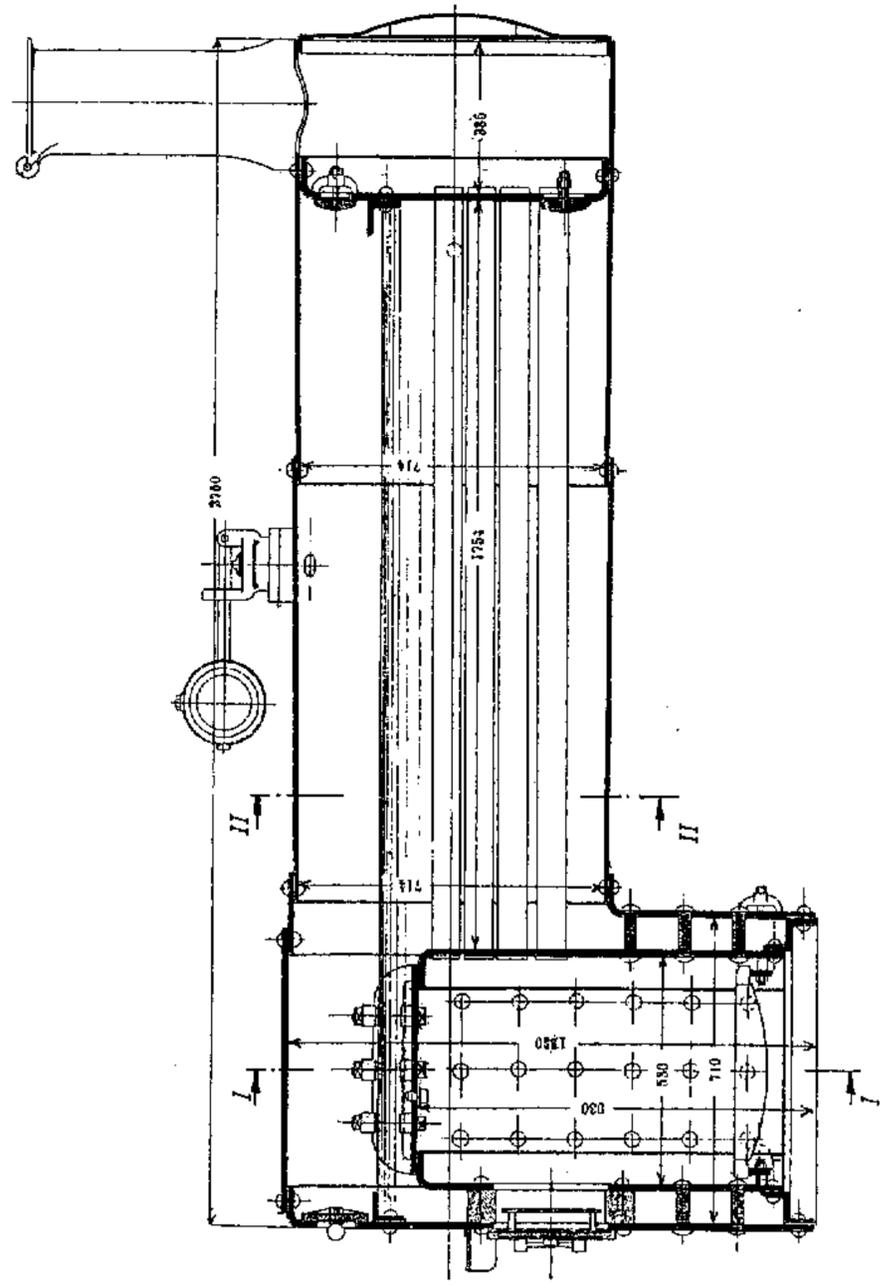


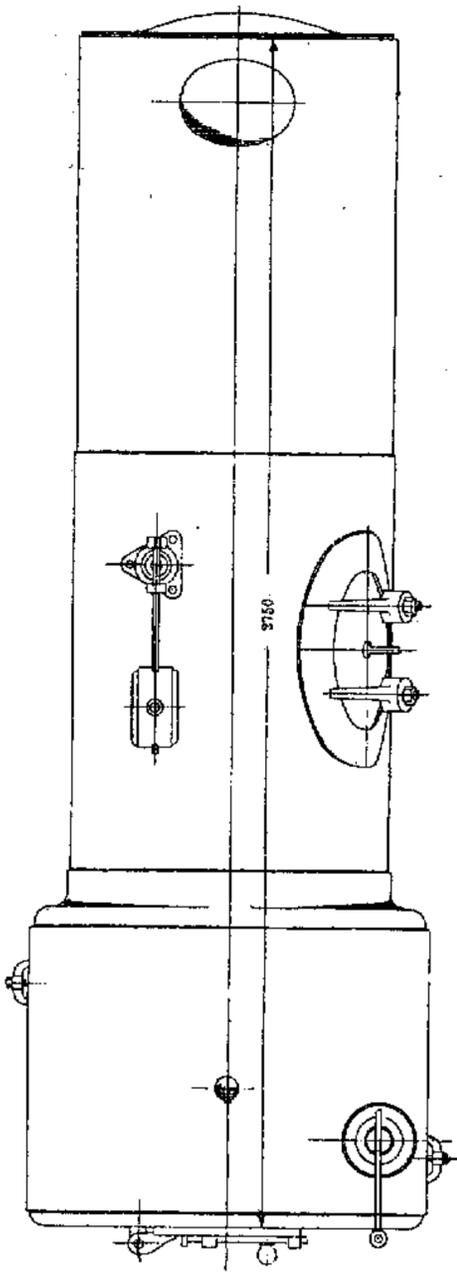
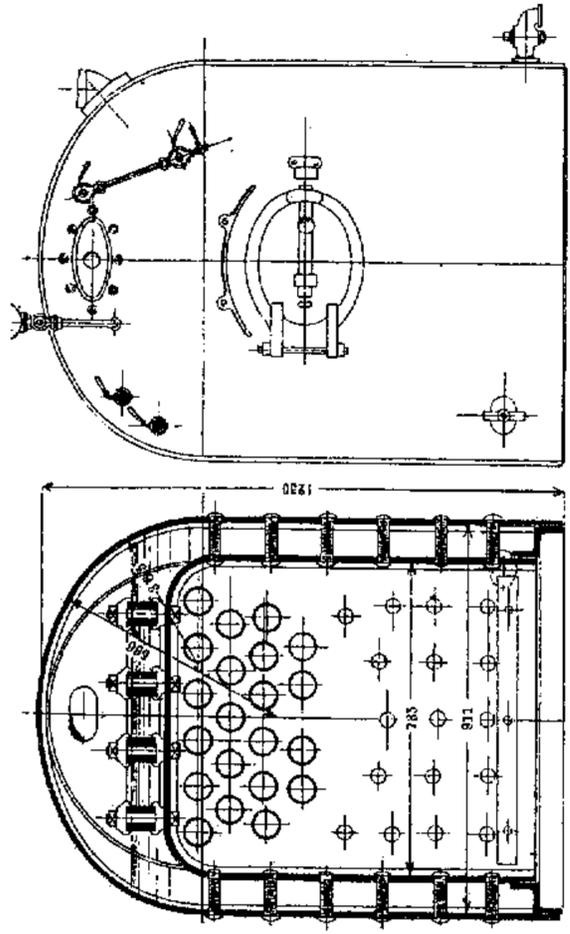
Bild 10.3.5.2/3: Arten der Befestigung von Rauchrohren mit den angeschlossenen Kesselteilen

Eine weitere Variante stellten Kessel dar, bei denen die äußere Feuerbüchse so weit nach oben verlängert war, dass der Dampfzylinder im jetzt entstandenen Dampfraum untergebracht werden konnte. Der Dampfzylinder wurde durch den Dampf ständig vorgeheizt. Der Dampfdruck (und damit die Satteldampfdruck) durfte nicht zu hoch sein, da die notwendige Zylinderschmierung Probleme bereitete. Es gab auch Ausführungen mit nach oben verlängerter Rauchkammer und einem in die Rauchkammer integriertem Zylinder, der durch den heißen Rauch vorgewärmt wurde.

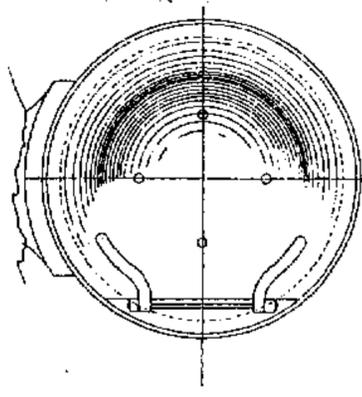
In der Tafel 10.3.5.2/1 ist die vollständige Zeichnung eines Lokomobilkessels mit elliptischer Oberplatte, kastenförmiger Feuerbüchse und „vorgehenden“ Rauchrohren wiedergegeben.



I-I



II-II



Tafel 10.3.5.2/1: Lokomobilenkessel einer fahrbaren Lokomobile (1888)

Neben der halbzylindrischen Oberplatte der äußeren Feuerbüchse gab es auch Ausführungen, bei denen die ganze äußere Feuerbüchse aus ebenen genieteten Platten bestand. Die Oberplatte lag etwas höher als der obere Rand des zylindrischen Langkessels. Dadurch konnte mehr Dampfraum gewonnen und ggf. auf einen Dampfdom verzichtet werden. Der Langkessel war mit der Vorderwand der äußeren Feuerbüchse vernietet. Ein Vorteil war, dass die ebene Oberplatte zur Befestigung eines Dampfzylinders genutzt werden konnte. Die Maschinenfabrik von Heinrich Lanz setzte bei einigen Lokomobilen diese Konstruktion ein.

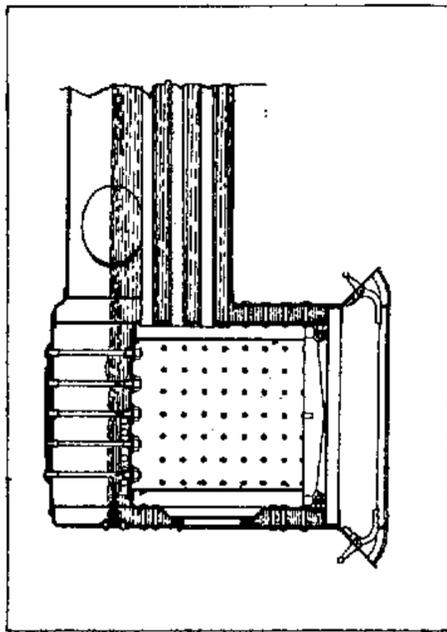


Bild 10.3.5.2/4:  
Feuerbüchsenmantel mit ebener  
Oberplatte und kastenförmiger,  
innerer Feuerbüchse

Über die ausgeführten Kessel mit kastenförmiger innerer Feuerbüchse und deren Hauptmaße gab es eine ganze Reihe von allgemein zugänglichen Daten. Im Laufe der Zeit wurde dieses Erfahrungswissen ausgewertet, in Tabellen zusammengefasst und in verschiedenen zeitnahen Quellen veröffentlicht. Diese Informationen konnten bei der Konzeption neuer Kessel als grobe Richtwerte verwendet werden.

<i>Hauptmaße in cm</i>					
Heizfläche . . . . .	=	10	20	30	40 qm
Langkessel, Durchmesser . . . . .	=	74	85	95	110 cm
„ Länge . . . . .	=	160	210	220	230 „
Feuerbüchsenmantel, Breite . . . . .	=	91	105	120	140 „
„ Länge . . . . .	=	86	95	105	120 „
Rauchkammer, Durchmesser . . . . .	=	95	105	110	130 „
„ Länge . . . . .	=	45	55	62	65 „
Heizröhren, äußerer Durchm. . . . .	=	6,3	6,3	6,3	6,3 „
„ Anzahl . . . . .	=	24	40	60	80 „

Bild 10.3.5.2/5 : Hauptmaße von Lokomobilenkesseln mit kastenförmiger Feuerbüchse in Abhängigkeit von der Heizfläche (Auswahl)

2. Kessel mit liegender zylindrischer Feuerbüchse  
Die äußere Feuerbüchse war, wie der Hauptkessel, zylindrisch und meist konzentrisch zu diesem angeordnet. Der Zylinderkessel wurde, oft mit vergrößertem Durchmesser, quasi als Feuerbüchse verlängert. Der innere Teil der Feuerbüchse, meist zylindrisch oder im oberen Bereich abgeflacht, war nach unten versetzt. Bei oben abgeflachten Feuerbüchsen musste das Zusammendrücken durch zusätzliche Zuganker oder massive Deckenbalken verhindert werden. Die innere Feuerbüchse nahm auch den Rost auf. Die Rostfläche lag nicht immer eben, sie konnte auch leicht nach unten geneigt sein (leichter Schrägrost). Am Ende des Rosts wurde oft eine Feuerbrücke gesetzt (meist aus Schamottesteinen gemauert, seltener aus Gusseisen). Sie verteilte die Hitze besser und verhinderte das ungehinderte Durchlagern der Flammen in die Rauchrohre. Der Mantel des zylindrischen Hauptkessels war, wenn er einen kleineren Durchmesser als der zylindrische Außenmantel der Feuerbüchse hatte, mit einem stabilen Flansch oder Zwischenring mit der Rückwand des zylindrischen Teils der äußeren Feuerbüchse verbunden. Die Feuerbüchse wurde zur Heizerseite durch das Feuergeschränk abgeschlossen. Der Zylinderkessel und die Rauchrohre entsprachen der Ausführung der Kessel mit kastenförmiger Feuerbüchse. Vorne war die Rauchkammer angeflanscht.

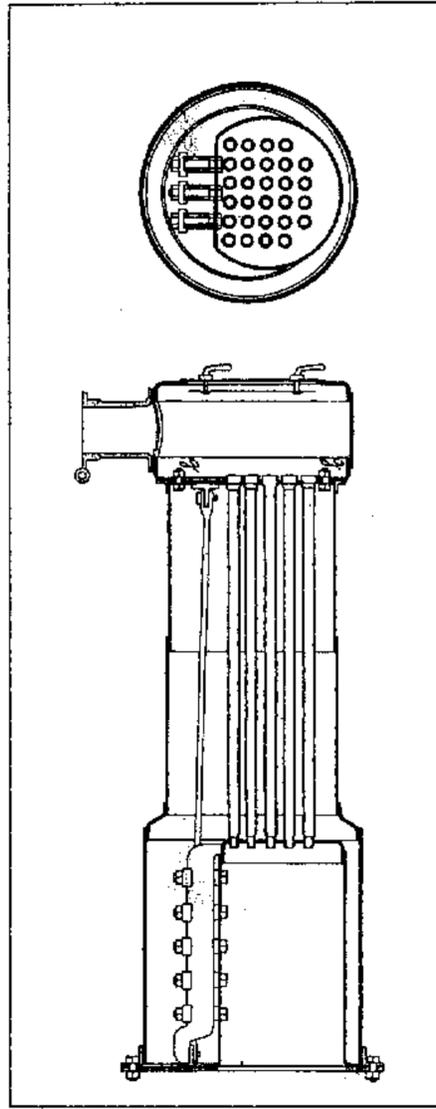


Bild 10.3.5.2/6: Kessel für eine fahrbare Lokomobile mit „vorgehenden“ Rauchrohren und liegender zylindrischer Feuerbüchse, Feuerbüchse abgeflacht mit Deckenbalken (Deckenbarren) verstärkt (um 1910)

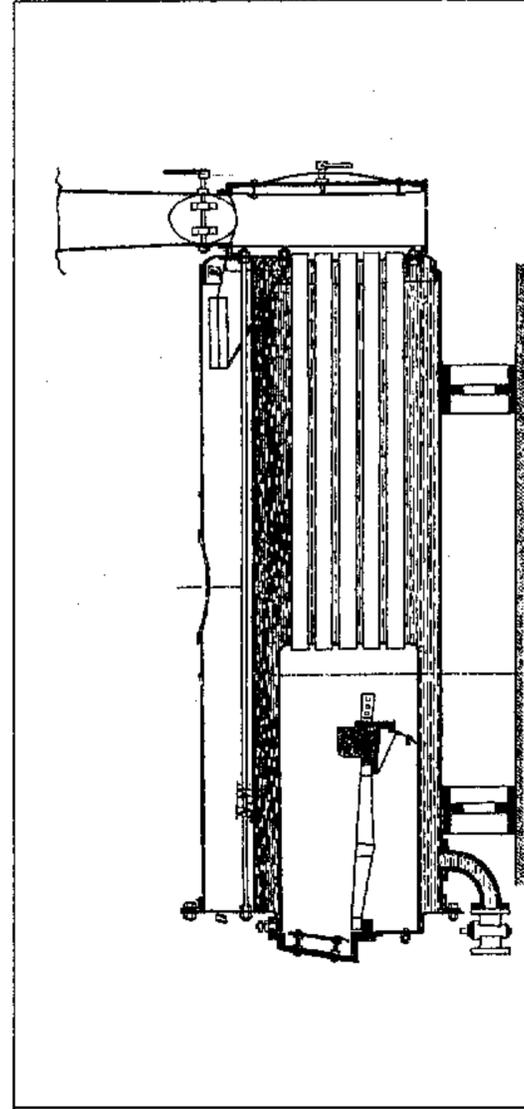


Bild 10.3.5.2/7: Kessel einer Halblokomobile mit durchgehendem Zylinderkessel, „vorgehenden“ Rauchrohren und liegender zylindrischer Feuerbüchse (1902)

Eine verbreitete Ausführung waren Kessel mit herausziehbarem Innenteilen. Voraussetzung für diese Ausführung war, dass die Feuerbüchse eine zylindrische Form haben musste und der äußere Mantel der Feuerbüchse einen genügend großen Durchmesser besaß. Der „Innenkessel“ war mit Flanschen und Verschraubungen mit dem „Außenkessel“ verbunden. Zur Reinigung konnte der gesamte „Innenkessel“ herausgezogen werden. Je nach Qualität des benutzten Kesselwassers, mussten alle wärmeübertragenden Flächen der Feuerbüchse, Rauchrohre u.a.m. regelmäßig gereinigt werden. Insbesondere an den heißen Partien der Wasserseite lagerten sich rasch Rückstände ab. Der Kesselwirkungsgrad konnte durch diese Ablagerungen erheblich verringert werden. Während die Innenreinigung der Feuerbüchse und der Rauchrohre noch relativ einfach war, bereitete die Reinigung der vom Kesselwasser umgebenen Flächen große Probleme. Üblich war es, in der äußeren Feuerbüchsenwand und im zylindrischen Hauptkessel „Mannlöcher“ und kleinere „Wartungsöffnungen“ vorzusehen, durch die dann mit speziellen Werkzeugen festgebrannte Rückstände abgeschlagen werden konnten. Kessel mit herausziehbaren Rauchrohren und Feuerbüchsen vereinfachten diese mühsame und zeitintensive Arbeit deutlich. Derartige Kessel wurden von einheimischen Herstellern zuerst um 1850 von der Maschinenfabrik C. Th. Hoppe in Berlin gebaut. Bekannt geworden ist diese Bauart durch die Konstruktionen der Maschinenfabrik R. Wolf aus Magdeburg/Buckau. In der Tafel 10.3.5.2/2 ist die Konstruktionszeichnung eines Kessels für eine Halblokomobile mit herausziehbarem Flammrohrteil und Rauchrohrbündel wiedergegeben. Die entsprechenden Flansche waren verschraubt. Die Kesseldichtung bestand aus einem Gummimaterial. Die Ausführung stammte aus dem Jahr 1901 und entspricht der der Maschinenfabrik R. Wolf, Magdeburg-Buckau und der Maschinenbau-Anstalt Humboldt in Kalk bei Köln.

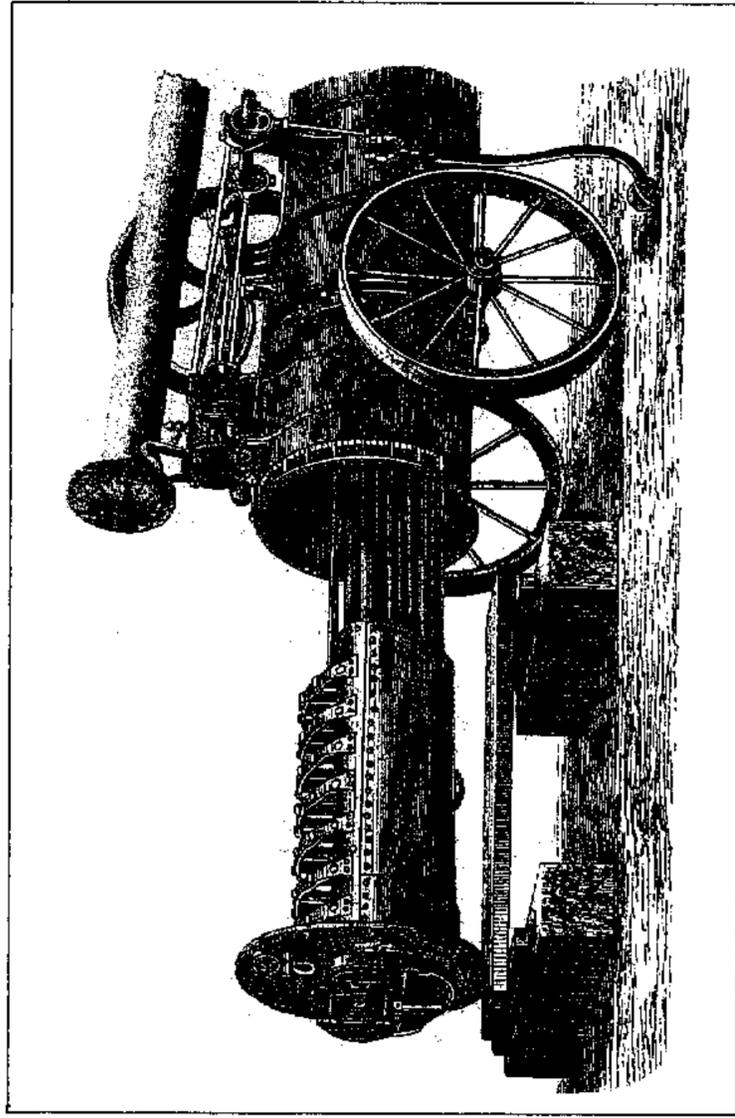


Bild 10.3.5.2/8: Frühe Form eines Kessels für eine fahrbare Lokomobile mit „vorgehenden“ Rauchrohren und zylindrischer Feuerbüchse, Feuerbüchse abgeflacht und mit Deckbalken verstärkt, Feuerbüchse und Rauchrohre herausgezogen gezeichnet (um 1865)

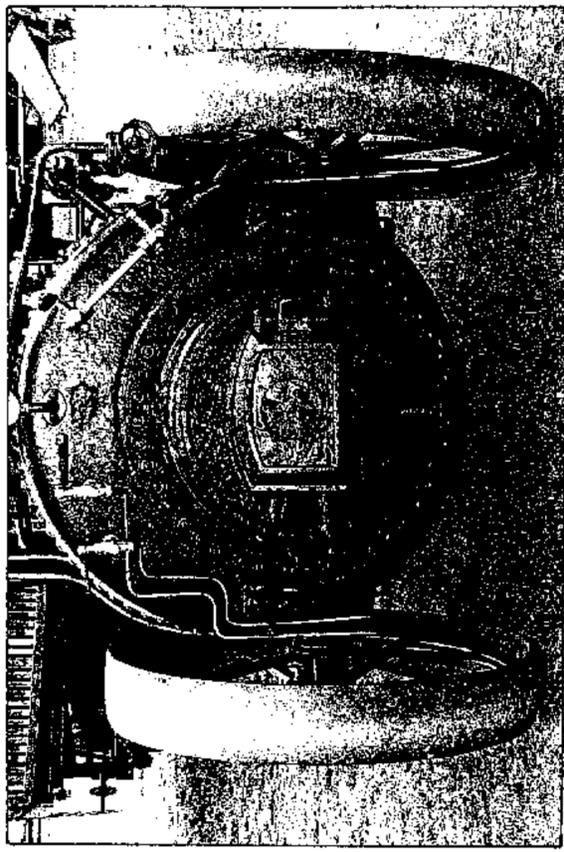


Bild 10.3.5.2/9: Herausziehbarer Kesselteil (Feuerbüchse) bei einer verfahrenen Lokomobile (R. Wolf, um 1912)

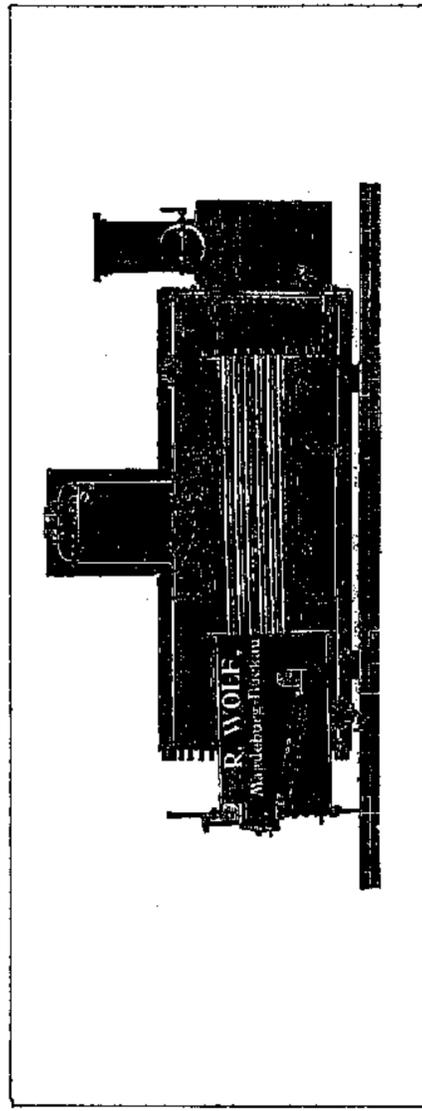


Bild 10.3.5.2/10: Prinzipielle Konstruktion des herausziehbaren Kesselteils der Maschinenfabrik von R. Wolf (um 1900)

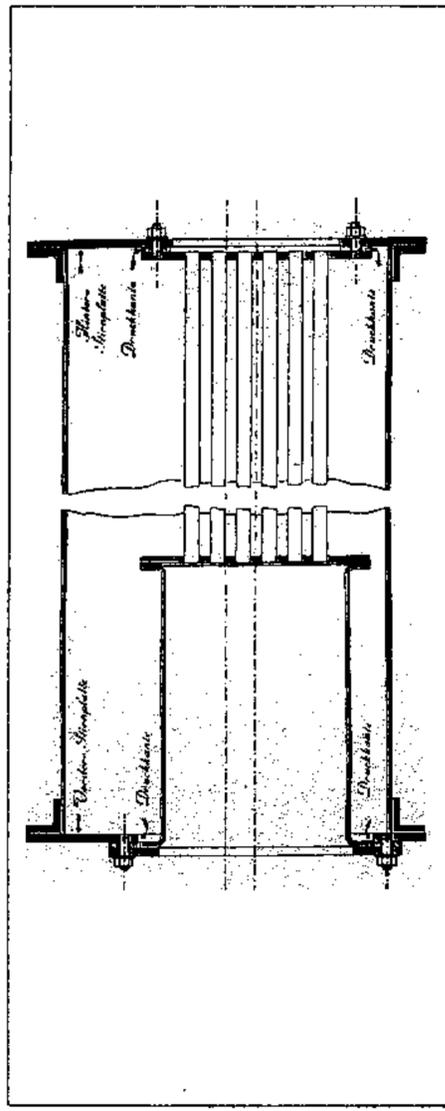


Bild 10.3.5.2/10.1: Einzelheit der Dichtung des herausziehbaren Kesselteils bei Kesseln der von R. Wolf (der Kesseldruck verstärkt die Dichtwirkung)

3. Kessel mit stehender, zylindrischer Feuerbüchse

Diese Bauweise war in Deutschland weniger, aber in Frankreich sehr weit verbreitet. Kessel dieser Art werden daher auch als „nach dem französischen System“ gebaut bezeichnet. Es gab sie in zwei Grundausführungen. Beide Ausführungen haben stehende zylindrische Feuerbüchsen aus zwei Zylindern. Der zylindrische Hauptkessel ist liegend angeordnet. Die Rauchkammer ist, wie üblich, vorne am Hauptkessel befestigt. Zur sicheren Befestigung der Rauchrohre wird der innere Teil der Feuerbüchse im Anschlussbereich der Rohre im Allgemeinen abgeflacht. Bei der einen Ausführung wird der zylindrische Teil des liegenden Hauptkessels über die Feuerbüchse verlängert. Er bildet die obere Wand der äußeren Feuerbüchse. Die Durchmesser von Zylinderkessel und stehendem Teil der äußeren Feuerbüchse sind etwa gleich. Bei der anderen Ausführung ist der zylindrische Teil der äußeren Feuerbüchse weit über den liegenden Hauptkessel verlängert. Ein gewölbter Deckel schließt das Teil ab. Der Kessel erhält dadurch einen großen Dampfraum, der üblicherweise als Dampfdom genutzt wird. Der Durchmesser von der stehenden Feuerbüchse kann größer als der Durchmesser des Zylinderkessels ausgeführt werden. Bei Kessel nach dem „französischen System“ können die meisten Stehbolzen und Verstärkungen im Bereich der Feuerbüchse entfallen. Die heiße innere Feuerbüchse kann sich ohne den gesamten Kessel zu verspannen, fast ungehindert ausdehnen.

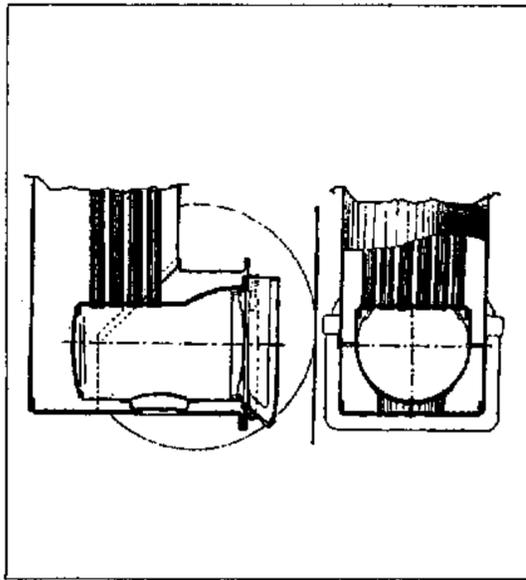


Bild 10.3.5.2/11:  
Kessel nach dem „französischen System“  
mit Verlängerung des oberen Teils  
des zylindrischen Hauptkesselblechs  
zur oberen Wand der Feuerbüchse

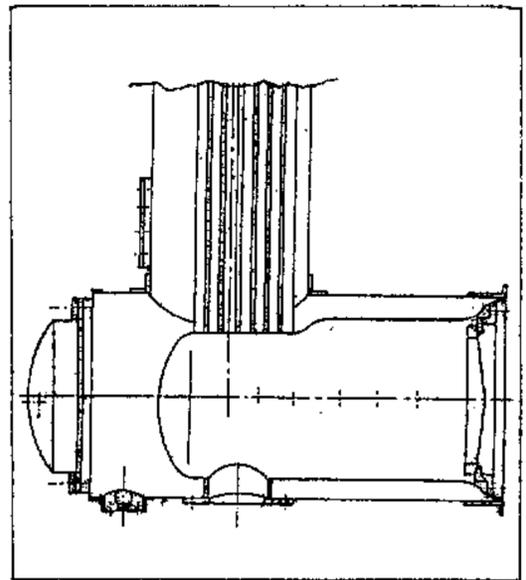


Bild 10.3.5.2/12:  
Kessel nach dem „französischen System“  
mit Verlängerung des äußeren Teils  
der stehenden Feuerbüchse zu einem  
großen Dampfraum

4. Kessel mit liegender elliptischer Feuerbüchse

Diese Bauweise war hierzulande weniger verbreitet, man fand sie häufig bei amerikanischen Maschinen. Lokomobilkessel mit elliptischer (ovaler Feuerbüchse) werden daher als „nach dem amerikanischen System gebaut“ bezeichnet. Der innere Teil der geschlossenen Feuerbüchse war meist aus zwei halbzylindrischen Schalen und zwei senkrechten Platten zusammengesetzt. Sie war, einschließlich des Aschekastens, vollständig vom Kesselwasser umschlossen. Durch die geschlossene Form war die Feuerbüchse sehr stabil und benötigte nur wenige Stehbolzen bzw. Ankerschrauben. Die Rauchrohre waren in üblicher Manier befestigt. Die hintere Stirnplatte mit den Öffnungen für die Feuer- und Aschetür wurde oft einteilig aus Gusseisen ausgeführt. Die Ausführung des Hauptkessels und die Rauchkammer entsprach der der vorgenannten Kessel. Kessel nach dem „amerikanischen System“ hatten einen guten thermischen Wirkungsgrad. In Deutschland baute die Maschinenfabrik von R. Wolf in Magdeburg-Buckau u.a. Lokomobilkessel mit diesen Feuerbüchsen.

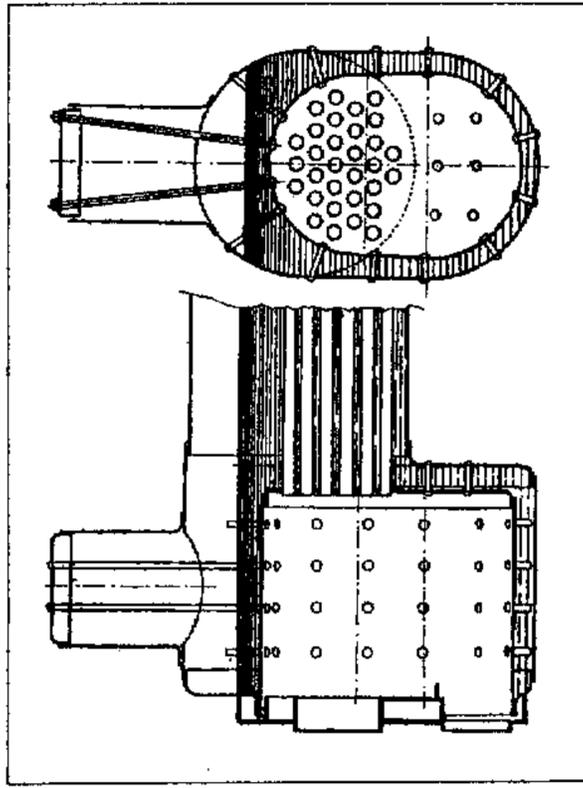


Bild 10.3.5.2/13:  
Kessel nach dem  
„amerikanischen System“  
mit Dampfdom

Anmerkung  
Kessel mit stehender, zylindrischer Feuerbüchse und liegendem Rauchrohrkessel nach Bild 10.3.5.2/12 sind in Deutschland durch die Hersteller Ventzki, Graudenz und Borsig, Berlin, bekannt geworden. Deren Dampffluglokomotiven waren mit Kesseln dieser Bauart ausgerüstet.



### 10.3.5.3 Lokomobilenkessel mit „rückkehrenden“ Rauchrohren

Auch bei dieser Bauweise gab es eine Vielzahl an unterschiedlichen Ausführungen, die sich deutlich von der mit „vorgehenden“ Rauchrohren unterschied. Der Innenkessel bestand aus einem meist zylindrischen „Flammrohrteil“ mit Rost, einer „Feuerkammer“ und den rückkehrenden Rauchrohren. Die Zuführung der Heizgase war von der Rostfeuerungs- (meist begrenzt durch eine gemauerte oder gusseiserne Feuerbrücke) im ersten Zug durch das lange Flammrohr in die „Feuerkammer“, von dort über die gesamten Länge des Kessels im zweiten Zug durch die Rauchrohre zurück in eine kleine Rauchkammer. Der gesamte Innenkessel war von Kesselwasser umgeben. Charakteristisch für diese Bauweise war, dass sich die Feuerungsseite und die Kaminsseite am selben Ende der Lokomobile befanden. Die Kessel nach diesem System besaßen einen guten Wirkungsgrad. Ein weiterer Vorteil war, dass der Innenkessel relativ einfach als ausziehbarer Kessel gebaut werden konnte. Ein bekannter Lokomobilhersteller, der dieser Kesselkonstruktion bei seinen verfahrenen Lokomobilen verwendete, war die Maschinenfabrik der Gebr. Höcker. Das nachfolgende Bild zeigt als Beispiel den Kessel einer Halblokomobile der Maschinenfabrik von J. Soeding. Der Innenkessel ist in der Darstellung herausgezogen gezeichnet.

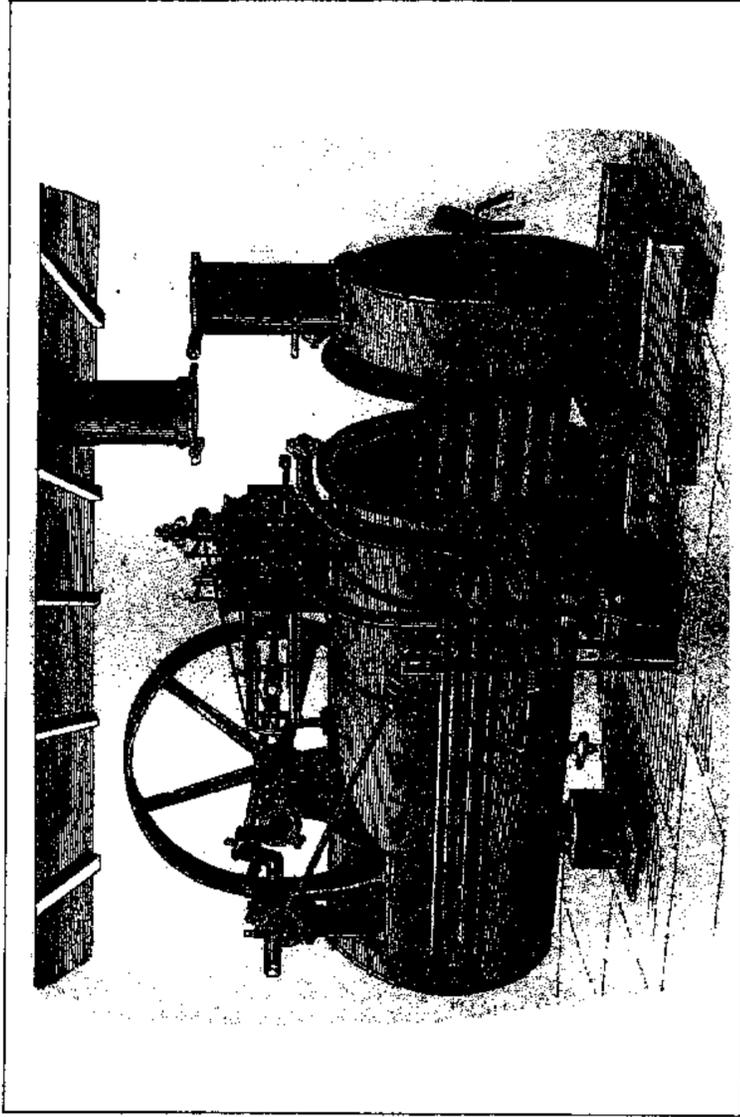


Bild 10.3.5.3/1: Halblokomobile mit herausgezogenem Innenkessel mit „rückkehrenden“ Rauchrohren (Maschinenfabrik von J. Soeding, 1884)

### 10.3.5.4 Lokomobilenkessel mit besonderen Feuerbüchsenkonstruktionen

Die Entwicklung der Lokomobilen war von Anfang an durch viele Bemühungen gekennzeichnet, den Wirkungsgrad der Kessel zu verbessern, das Spektrum der einsetzbaren Brennmaterialien so groß wie möglich zu halten und die Bedienung zu vereinfachen. Die Anzahl der gebauten Kesselausführungen mit speziellen Feuerbüchsen war entsprechend groß. Einige Beispiele für besondere Kesselbauarten sind bei der Darstellung der unterschiedlichen Lokomobilbauarten im Kapitel 13 ff. mit aufgenommen worden.

### 10.3.6 Liegende Wasserrohrkessel

Die ersten Wasserrohrkessel wurden in Deutschland 1841 von der Maschinenbauanstalt von Ernst Alban aus Plau am See gebaut. Es waren Kessel mit zwei seitlichen Wasserkästen, die mit einer Vielzahl an liegenden Wasserrohren verbunden waren. Die Kessel hatten Außenfeuerung. Die ursprüngliche Idee war, einen Hochdruckkessel zu bauen, ohne die Nachteile der üblicher Zylinderkessel (großer Wasser- und Dampfdruck, sehr große Wandstärken, geringe Betriebssicherheit u.a.m.) in Kauf zu nehmen. Der Wasserraum wurde daher klein gehalten und bestand im Wesentlichen aus der Vielzahl an Wasserrohren und den Wasserkästen. Man bezeichnete diese Kessel auch als „engrohrige Siederohrkessel“. Liegende Wasserrohrkessel besaßen zumeist einen leichten, zylindrischen Außenmantel aus Blech mit einer guten Isolierung gegen Wärmeverluste. Der Feuerraum lag innen. Eine Vielzahl an wassergefüllten Rohren mit relativ kleinem Durchmesser war im Inneren angeordnet. Form, Lage und Anordnung der Wasserrohre war sehr unterschiedlich. Oft lagen die Wasserrohre zwischen zwei Wasserkammern oder sie werden zu einer Wasserkammer zurückgeführt. Die Heizgase umspülten die Wasserrohre außen. Die Zuführung war unterschiedlich. Rückführungen waren üblich. Wasserrohrkessel unterschiedlichster Bauart waren im Großkesselbau weit verbreitet. Bei Lokomobilen wurden liegende Wasserrohrkessel sehr selten eingesetzt. Sie besaßen zumeist keine zylindrische Außenform. In den 60er Jahren rüstete die „Maschinenfabrik Nürnberg“ Lokomobilen mit Wasserrohrkessel unterschiedlicher Bauart aus. Sie wurden unter der Bezeichnung „Warders Patent-Lokomobilen“, benannt nach dem Konstrukteur der Maschine, angeboten. Es waren Halblokomobilen. Der Wasserrohrkessel bestand aus 21 Rohren in vier übereinander liegenden Reihen mit oben angeordnetem zylindrischem Dampfsammler. Die Grundform des Kessels war ein langer, liegender, rechteckiger Kasten mit gusseisernen Wänden. Die Maschine war auf einer Grundplatte auf dem Kessel montiert.

### 10.3.7 Kombinierte Kessel

Bei Lokomobilen wurden auch Kombinationen unterschiedlicher Kesselbauarten verwendet. Nicht immer ist eine eindeutige Zuordnung zu einer Bauart möglich. Man versuchte u.a. die Vorteile der verschiedenen Bauarten zu vereinigen. Ferner gab es Bemühungen, die Erfahrungen beim Bau der Großkessel auf die Lokomobilenkessel zu übertragen. Bei Lokomobilen fanden diese Kessel nur in Ausnahmefällen Verwendung. Eine Domäne beim Einsatz kombinierter Kessel waren die Kleindampfmaschinen, Gewerbemotoren und Hausmaschinen. Bei diesen Maschinen wurden nahezu alle Kombinationen versucht, die eine höhere Kesselleistung auf kleinem Raum versprachen. Häufig waren die entsprechenden „Dampfmotoren“ integraler Bestandteil des Kessels. Einige dieser Maschinen werden bei der Darstellung der unterschiedlichen Lokomobilbauarten im Kapitel 13 ff. mit behandelt.

## 10.4 Stehende Kessel

### 10.4.1 Kessel mit stehender Feuerbüchse und Quersiederrohren (Quersiederkessel)

Die großen Vorteile der stehenden Kessel waren ihr geringer Platzbedarf, die rasche Dampfbildung und ihr geringer Preis. Der thermische Wirkungsgrad war allerdings nur mäßig und der Dampf relativ nass. Sie hatten nur einen geringen Wasserrumlauf und verschlammten schnell. Weiterhin war die innere Reinigung schwierig. Stehende Kessel kamen bei Lokomotiven und anderen ortsveränderlichen Kraftmaschinen bei kleinen und mittleren Leistungen (bis ca. 30 PS) zum Einsatz. Bei größeren Leistungen waren die wärmetechnischen Bedingungen dieser Bauweise zu ungünstig. Bei verfahrenen Maschinen setzte man den Kessel mit der Dampfmaschine im Allgemeinen auf ein zweiachsiges Rädergestell. Die Kessel der Maschinen, die ihren Einsatzort selten wechselten, standen meist auf einem gusseisernen Sockel. Die Dampfdrücke gingen bis etwa 10 at, selten darüber hinaus. Quersiederkessel sind häufig auch bei Kranen und Baggern zum Einsatz gekommen. Die Urform der stehenden Feuerbüchsenkessel mit einer einfachen zylindrischen Feuerbüchse im Inneren und einem zentralen Kamin wurde bei Lokomotiven nicht verwendet. Die Verdampfungsleistung war wegen der geringen Heizfläche und der unvollkommenen Nutzung des Brennmaterials zu klein.

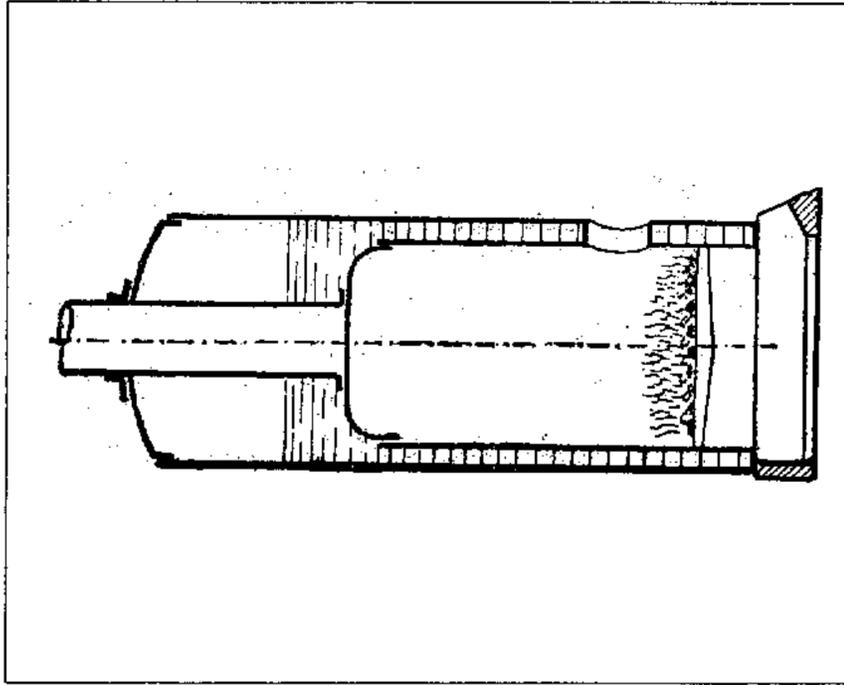


Bild 10.4.1/1:  
Urform des stehenden  
Feuerbüchsenkessels

Bei Feuerbüchsenkesseln mit Quersiedern (diese Bauart bezeichnete man auch als Lachapelle-Kessel) wurde im stehenden Zylinderkessel eine zentrisch angeordnete, hohe, ebenfalls zylindrische Feuerbüchse angeordnet. Ein mittig liegendes, kurzes Rauchrohr führte die Feuerungsgase nach oben ab. Die Verlängerung war der Kamin. Zur Vergrößerung der

Heizfläche wurden in der Feuerbüchse einige Quersiederrohre eingesetzt. Diese Rohre waren gruppenweise versetzt angeordnet. Sie lagen bei einigen Ausführungen nicht horizontal, sondern waren leicht steigend eingebaut. Das verbesserte die Zirkulation des Kesselwassers. Die Reinigung der Quersiederrohre war schwierig. Einige Hersteller ordneten an den Positionen der Quersieder Reinigungsöffnungen im Kesselmantel an. Bei vielen Quersiederrohren wurde der Kessel durch die Öffnungen geschwächt und der Herstellungsaufwand stieg. Andere Hersteller bauten den Kesselmantel zweiteilig. Der obere Teil war zur Reinigung abnehmbar. Die einzelnen Teile des Kesselmantels waren durch stabile Flansche und Schrauben verbunden. In der Tafel 10.4.1/1 ist die Konstruktionszeichnung eines Lachapelle-Kessels mit steigenden Quersiederrohren und abnehmbarem Kesselmantel wiedergegeben.

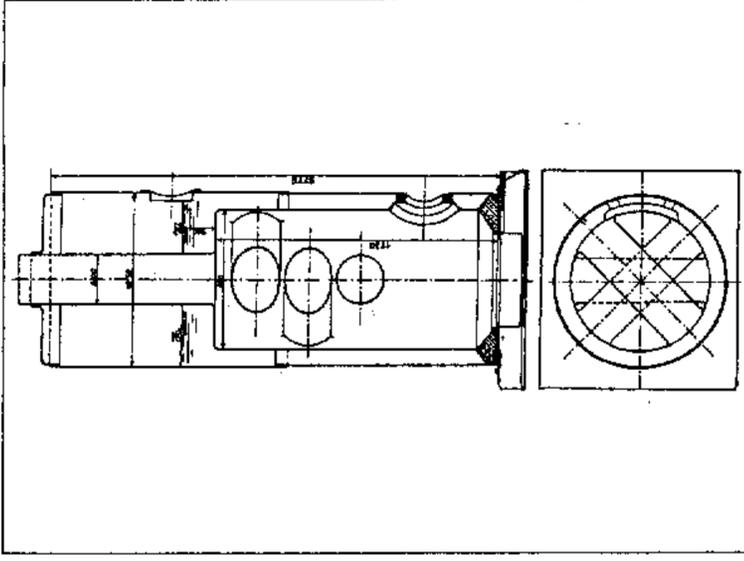


Bild 10.4.1/2:  
Feuerbüchsenkessel  
mit Quersiederrohren  
(Lachapelle-Kessel)

Bei einer ähnlichen Bauart wurden als Querrohre wenige Rohrteile mit größerem Durchmesser eingesetzt. Eine kegelige Wasserzirkulation im Kessel. Die Rohre waren übereinanderliegend versetzt angeordnet. Diese großen Siederrohre bezeichnet man auch als Galloway-Rohre. Die Fa. Lanz setzte diese Konstruktion bei einigen kleinen Lokomotiven ein.

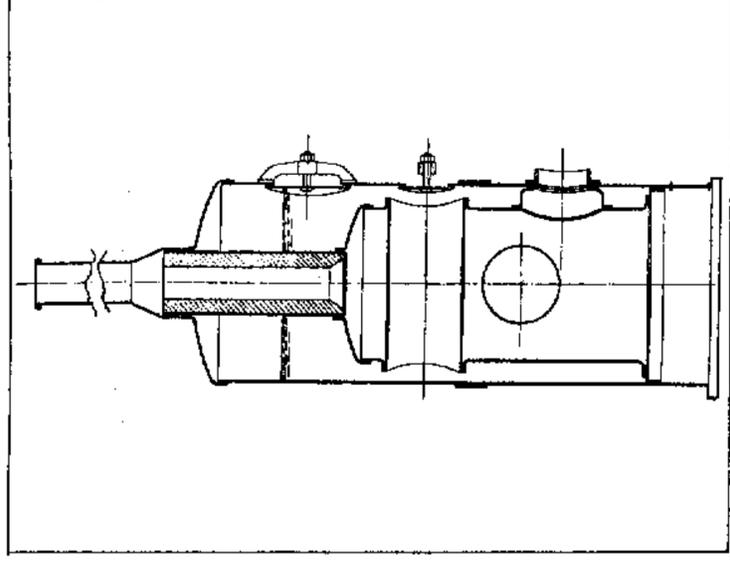
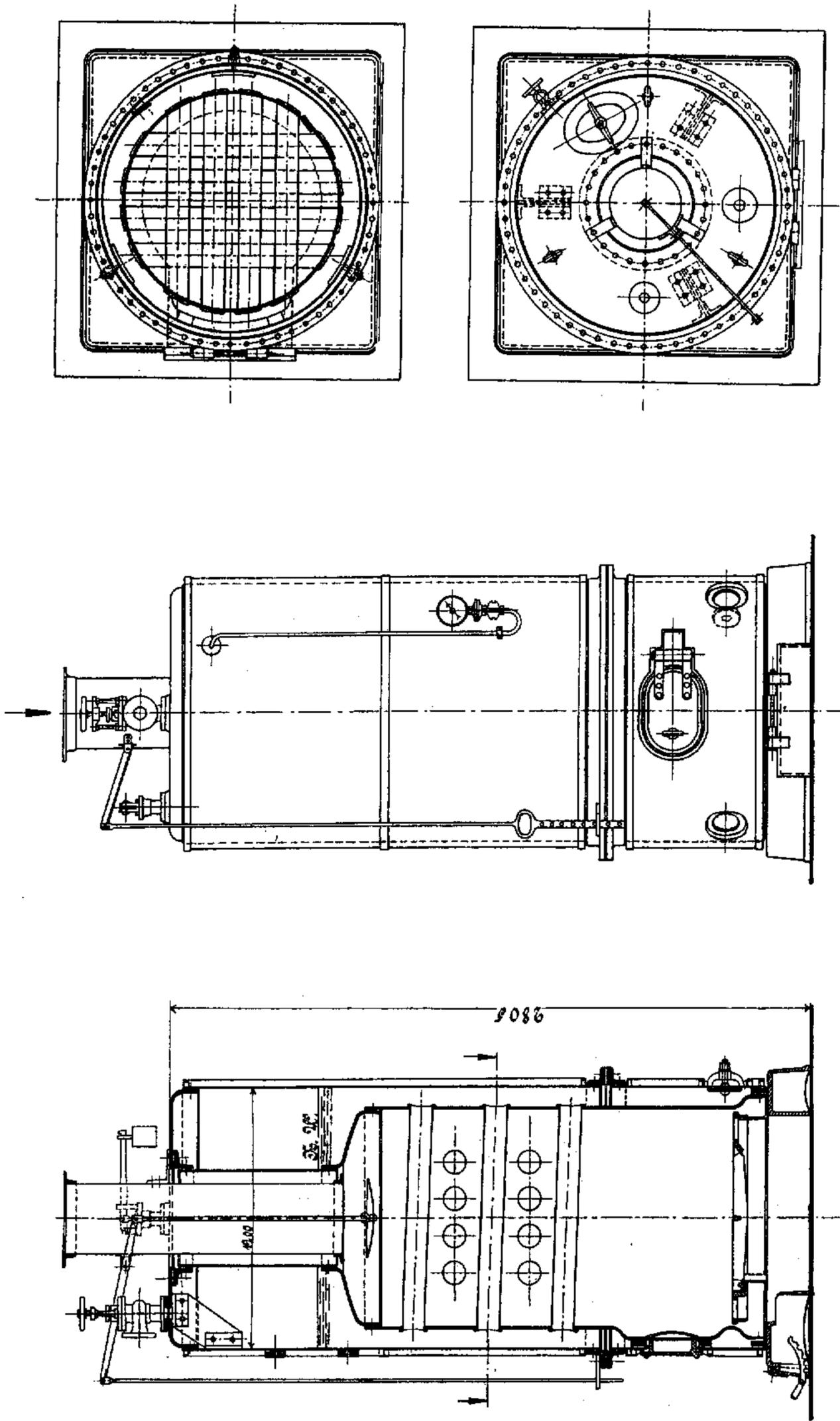


Bild 10.4.1/3:  
Feuerbüchsenkessel  
mit Galloway-Röhren



Tafel 10.4.1/1: Feuerbüchsenkessel mit Quersiederrohren

versetzbar, mit abnehmbaren Kesselmantel (1898)

Zylinderkessel mit stehender Feuerbüchse und Quersiedern wurden in einigen Fällen auch mit Überhitzern gebaut. In der abgebildeten Ausführung war ein Überhitzer „Patent Schmidt“ oberhalb des eigentlichen Kessels angeordnet. Der Überhitzer war durch eine Blechwand von der übrigen Rauchkammer getrennt. Die heißen Heizgase wurden unmittelbar von der Feuerkiste zugeführt.

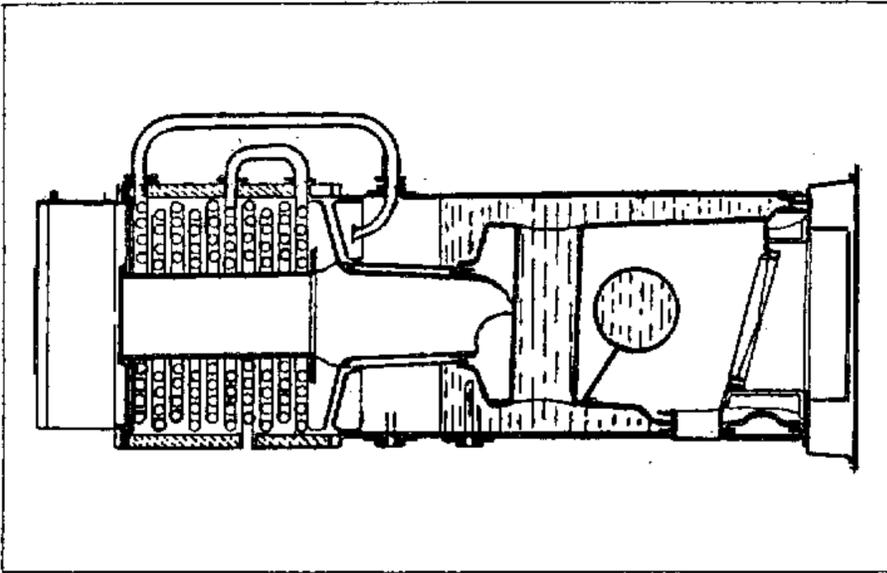


Bild 10.4.1/4:  
Schmidtscher Heißdampfessel  
(1908)

Im Laufe der Entwicklung dieser Kesselbauart entstand eine Vielzahl an Varianten mit bewährten Hauptabmessungen. Diese Erfahrungen wurden gesammelt und in Form von Nomogrammen oder Tabellen zusammengestellt. Sie konnten beispielsweise für Auslegungsabschätzungen von Neukonstruktionen verwendet werden. Ein Beispiel für eine Tabelle mit bewährten Hauptabmessungen, gegliedert nach der Größe der Heizfläche, ist nachfolgend dargestellt.

	Wasserberührte Heizfl. in qm							Gewicht
	2	4	6	8	12	15	20	
$D =$	65	85	90	105	120	130	150	150
$H =$	170	210	260	300	340	400	425	425
$d =$	50	70	75	85	100	110	130	130
$h =$	98	150	175	200	240	275	290	290
$a =$	20	24	28	30	32	35	38	38
Zahl	1	2	3	3	5	5	6	6
$b =$	18	24	28	32	35	38	42	42
	800	1500	2200	2900	4000	5000	5000	5000
	kg							kg

Bild 10.4.1/5:  
Hauptmaße (in cm) für Kessel mit stehender Feuerbüchse und Quersiedern (Quersiederkessel) nach Heizflächen gegliedert  
(1916)

Anmerkung:  
Bei stehenden Kesseln war die übliche Bauweise: zylindrischer Kesselmantel, stehende, zylindrische Feuerbüchse; größere Anzahl senkrechter Heizrohre (siehe Abschnitt 10.4.2). Diese Bauweise hatte einige Nachteile. Der Kesselwirkungsgrad war wegen der unvollständigen Nutzung des eingesetzten Brennstoffmaterials relativ gering. Durch das große Wasservolumen war die Aufheizzeit hoch. Die Kessel waren teuer und schwer zu reparieren. Ein großes Problem stellte die Innenreinigung dar. Die Entfernung von Ruß und anderen Rückständen der Heizgase an den Innenflächen der Heizrohre war noch recht einfach. Dagegen war die Entfernung von Kesselstein an den wasserbenetzten Außenflächen der Heizrohre nur sehr begrenzt möglich und zeitintensiv. Bei dichte gepackten Rohrbündeln konnte nur mit speziellen Meißeln gearbeitet werden, mit denen aber auch nur ein Teil der Rohre gereinigt werden konnte. Eine weitgehende Vermeidung (oder Reduzierung) dieser Nachteile erreichte man bei Feuerbüchsenkesseln mit Quersiedern. Bei diesen Kesseln war die Bauart „Lachapelle“, insbesondere bei Lokomotiven, weit verbreitet. Der Pariser Mechaniker Hermann Lachapelle hatte ihn um 1860 erfunden. Charakteristisch waren die sehr hohe zylindrische Feuerbüchse mit großem Durchmesser und die versetzt übereinander angeordneten großen Quersiedern. Die wenigen Quersiedern machten den Kessel preiswerter. Das geringe Wasservolumen verkürzte die Aufheizzeit. Die Quersiedern lagen ständig im Wasser. Die Beanspruchung durch den Betriebsdruck ging „von innen nach außen“. Diese Zugbeanspruchung war festigkeitsmäßig sehr günstig. Der Kesselstein in den Quersiedern konnte einfach durch entsprechende Wartungsöffnungen (Handlöcher) im Kesselmantel entfernt werden.

### 10.4.2 Kessel mit stehender Feuerbüchse und Heizrohren (Heizrohrkessel)

In der Literatur findet man verschiedene Bezeichnungen für diese Bauart, z. B. vertikaler Röhrenkessel, Heizrohrkessel, Rauchrohrkessel, Röhrenkessel u.a.m. Im stehenden Zylinderkessel war bei dieser Bauart eine zentrisch angeordnete, zylindrische Feuerbüchse angeordnet. Die Feuerbüchse war allerdings niedrig gehalten und der Feuerraum relativ klein. Die Heizgase wurden durch eine Vielzahl langer, senkrecht stehender Heizrohre (Rauchrohre) geleitet. Über dem Kessel war eine kleine Rauchkammer vorhanden. Die Heizgase wurden dort gesammelt und durch den Kamin nach oben oder seitlich abgeleitet. Diese Kessel wurden bis etwa 30 m<sup>2</sup> Heizfläche gebaut, waren also auch für größere Leistungen geeignet. Die Verbrennungsluft wurde üblicherweise von unten zugeführt. Es gab auch Ausführungen mit Primärluftzufuhr von unten und seitlicher Sekundärluftzufuhr direkt über dem Feuerbett.

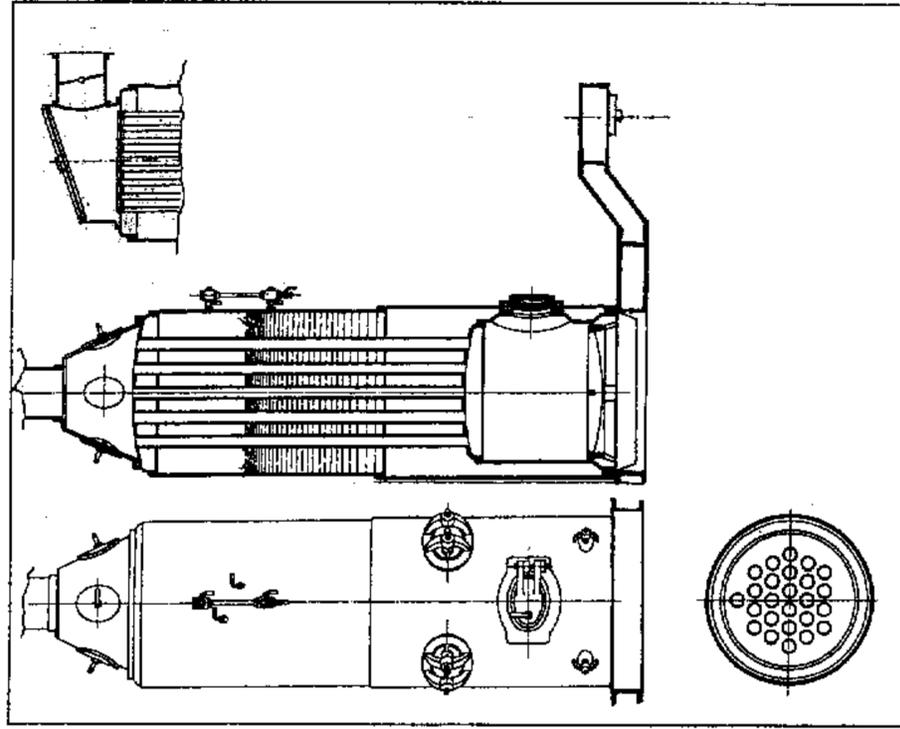


Bild 10.4.2/1:  
Heizrohrkessel mit senkrechtem  
bzw. seitlichem Rauchabzug  
(1883)

Die Reinigung der inneren Heizflächen war bei Stehkessel ein generelles Problem. Die Lösung, die Innenteile herausziehbar zu machen kam aus technischen Gründen nicht infrage. Einige Hersteller bauten daher Heizrohrkessel, bei denen der Außenkessel oder Teile davon abnehmbar war. Sie waren ähnlich gebaut wie die Quersiedekessel mit abnehmbarem Kesselmantel-Oberteil. Die Abbildung zeigt als Beispiel einen Stehkessel mit Heizrohren R, Feuerbüchse F, Planrost P und Heiztür H mit abnehmbarem Oberteil. Der Kesselmantel bestand aus zwei Teilen, einem unteren und einem oberen. Der äußere Teil mit dem Kaminaufsatz konnte mit einigem Aufwand abgehoben werden. Er war unten und oben über stabile Flansche mit dem Kesselunterteil bzw. der oberen Heizrohrplatte verbunden.

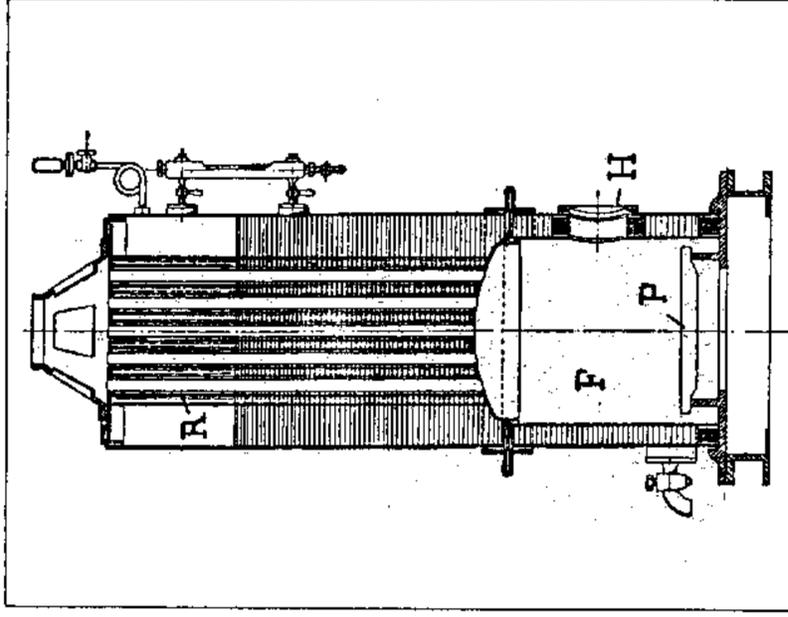


Bild 10.4.2/2:  
Heizrohrkessel mit abnehmbarem  
Außenteil  
(Maschinenfabrik  
Jacques Piedboeuf, Aachen (1896))

Heizrohrkessel wurden auch mit integriertem Überhitzer gebaut. In der nachstehenden Ausführung sind einige außenliegende Heizrohre c größer ausgeführt. Sie nehmen die Überhitzerrohre d auf. Der überhitzte Dampf wird in den Dampfraum e geleitet. Die normalen Heizrohre b haben einen kleineren Durchmesser.

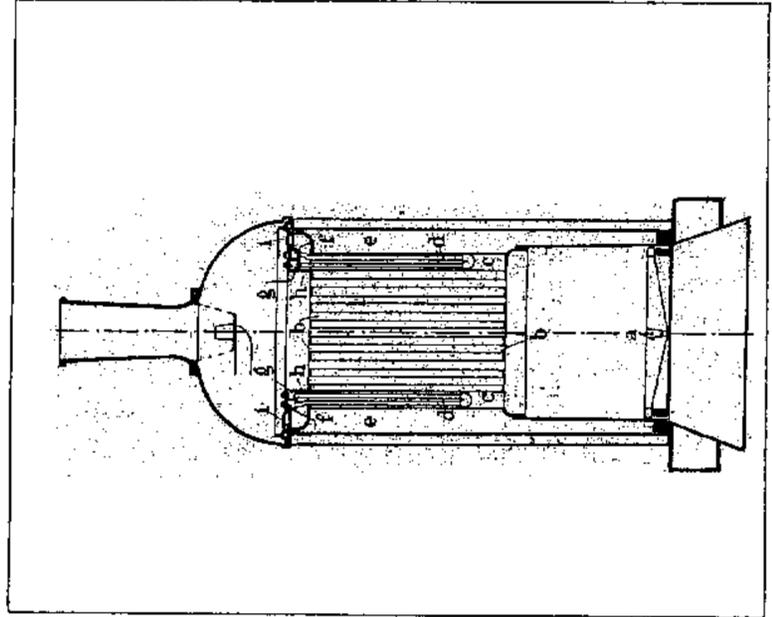
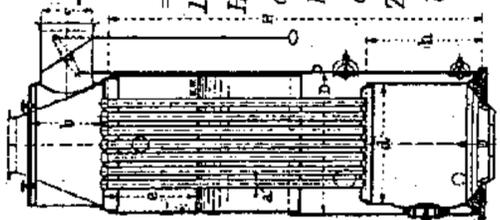


Bild 10.4.2/3:  
Heizrohrkessel mit Überhitzer  
(Bauart Henschel, Kassel, um 1900)

Auch von den Heizrohrkesseln gab es eine Vielzahl von Erfahrungswerten, die in kompakter Form bei Neukonstruktionen oder Leistungsüberprüfungen zur Verfügung standen. Die folgende Tabelle zeigt, wieder nach der Heizfläche gegliedert, bewährte Ausführungen.



	Wasserberührte Heizfl. in qm*						
	2	4	6	10	15	20	25
D =	55	65	75	90	105	115	120
H =	180	200	230	260	290	320	360
d =	40	50	60	70	80	90	105
h =	64	70	76	82	88	95	102
a =	5,1	5,1	5,7	5,7	6,4	7	7
Zahl	13	22	24	37	44	46	50
b =	35	40	45	48	52	56	60
c =	18	20	24	28	32	36	40
Gewicht	700	1100	1600	2100	3100	4000	4000

Bild 10.4.2/4:  
Hauptmaße (in cm) für Kessel mit stehender Feuerbüchse und Heizrohren (Heizrohrkessel) nach Heizflächen gegliedert (um 1920)

Die Maschinenfabrik von E. Willmann, Dortmund, gab für ihre Heizrohrkessel die nachfolgenden Daten an. Die Angaben wichen bei einigen technischen Merkmalen von den Werten der oben angegebenen Tabelle ab. Das war nicht zu vermeiden, da sich die Kesselausführungen im Detail unterschieden.

Heizfläche d. Kessels, totale in qm	2,5	4	5	6	7	9	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30
Höhe d. Kessels ohne Kaminunterfuß in mm	1880	2190	2180	2380	2290	2510	2600	2670	2850	2880	2980	3280	3350	3680
Durchmesser d. Kessels in mm	500	600	655	700	760	870	870	965	1050	1050	1160	1160	1220	1220
Anzahl der Heizrohren	9	12	16	18	19	23	25	30	30	33	36	36	40	40
Durchmesser d. Kessels in mm	57	57	57	57	63,5	63,5	63,5	63,5	63,5	76	76	76	76	76
Durchmesser d. Kaminunterfuß in mm	150	215	215	235	235	270	270	270	300	300	320	320	350	350
Gewicht des Kessels mit Kaminunterfuß	400	630	720	815	975	1270	1330	1580	1870	2060	2430	2660	3070	3200

Bild 10.4.2/5: Hauptdaten der Heizrohrkessel eines Herstellers nach Heizfläche geordnet (Maschinenfabrik E. Willmann, Dortmund (1903))

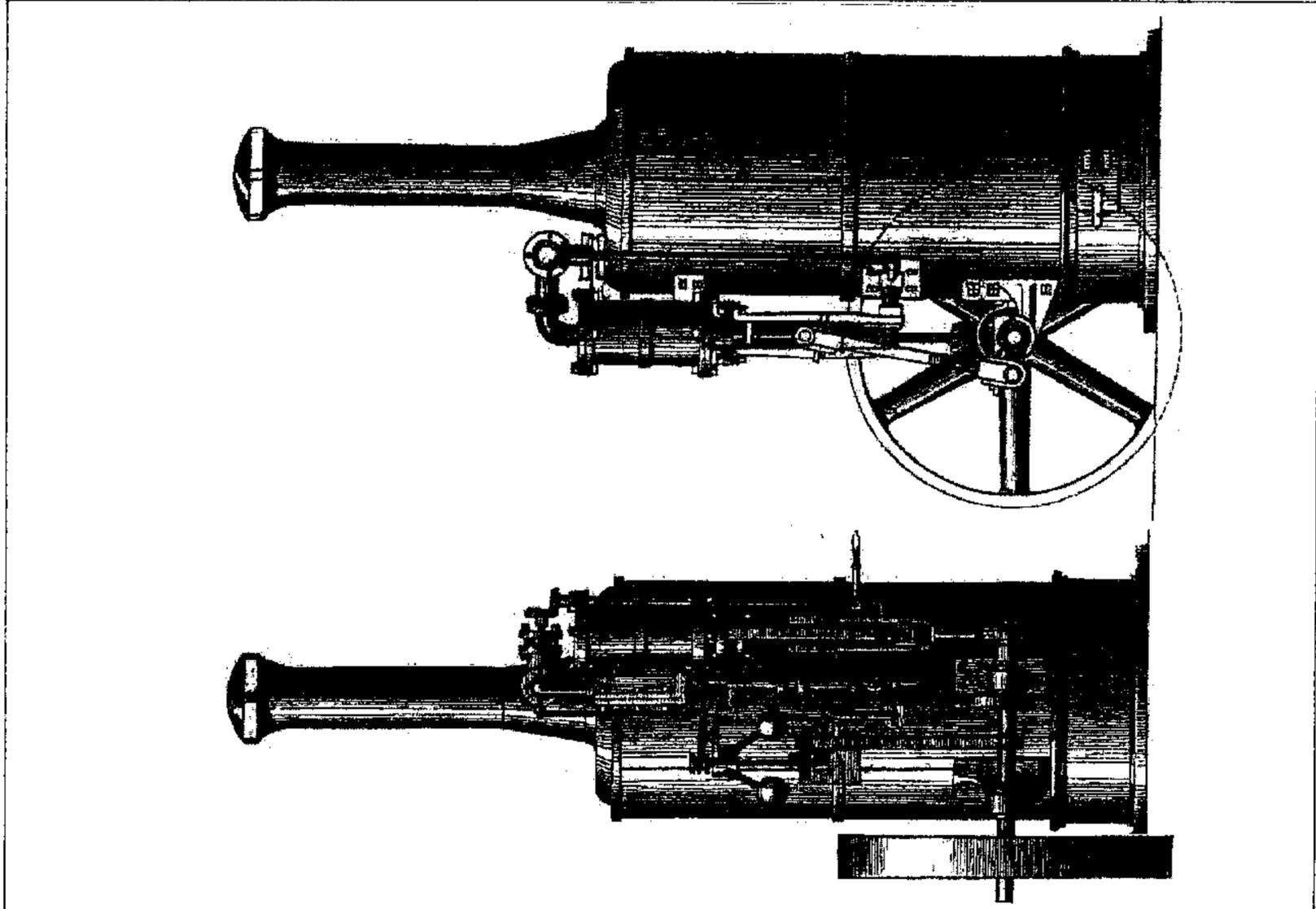


Bild 10.4.2/6: Typische Lokomobile (Kesseldampfmaschine) mit stehendem Heizrohrkessel und direkt angebauter „hängender“ Dampfmaschine (um 1860)

### 10.4.3 Kessel mit stehender Feuerbüchse und Wasserrohren

Es gibt eine große Zahl an Ausführungsvarianten bei dieser Kesselbauart. Verbreitet waren diese Kessel mit im Feuerraum hängenden Wasserrohren. Man bezeichnete sie als „Field-Kessel“. Von der Decke einer hohen Feuerbüchse hing eine Vielzahl unten geschlossener Wasserrohre, die sogenannten Field'schen Rohre, frei herab. Die Anordnung und Länge dieser Rohre war sehr unterschiedlich. Entsprechend viele Ausführungen gab es bei dieser Bauart. An zwei Beispielen sollen das Ausfühungsspektrum erläutert werden. Die untere Abbildung zeigt einen Kessel mit einer sehr hohen Zahl von senkrechten Wasserrohren in drei konzentrischen Kreisen angeordnet.

Die Rohrlänge war entsprechend der Hitze über dem Feuerbett unterschiedlich. Im Bereich größter Hitze in der Mitte waren die Rohre kürzer, nach außen nahm die Hitze ab und die Rohre wurden näher an das Feuerbett heran geführt.

Damit die Heizgase nicht unmittelbar über den Kamin abziehen konnten, war bei einigen Kesseln vor der unteren Kaminöffnung eine einstellbare „Glocke“ (g) angeordnet. Sie leitete die Heizgase zurück und verringerte den Durchgangs- querschnitt in den Kamin.

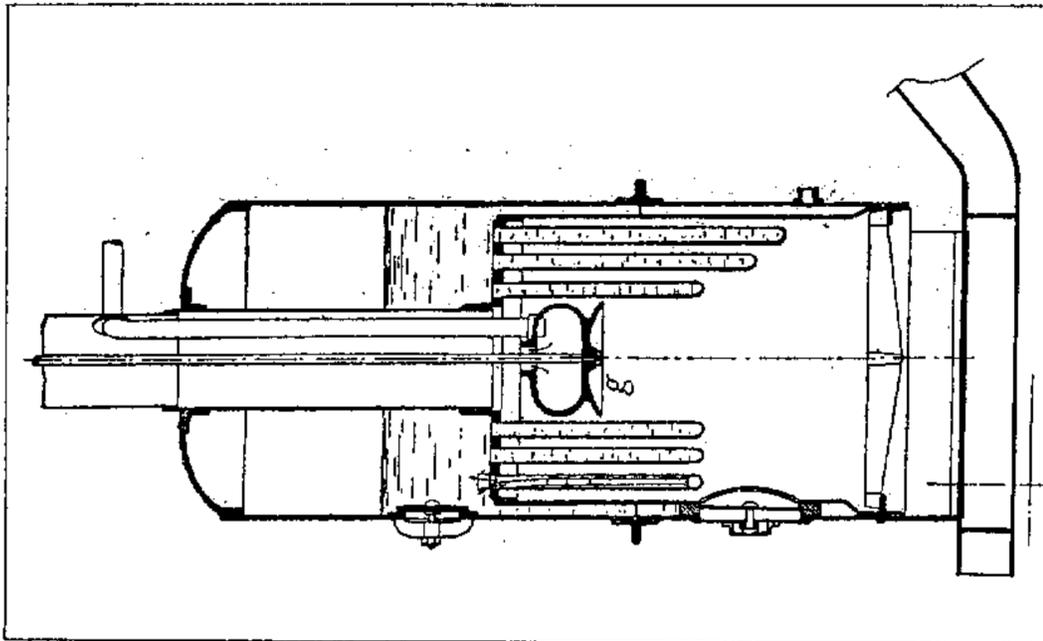


Bild 10.4.3/1:  
Kessel mit stehender Feuerbüchse und hängenden Wasserrohren (Field'scher Kessel)

Bei einer anderen Ausführung wurden weniger Field'sche Rohre verwendet. Sie waren konzentrisch zur runden Feuerbüchse in einem Kreis nahe an der inneren zylindrischen Feuerbüchse angeordnet. Die Rohre hatten auch einen größeren Durchmesser. Weniger Rohre mit größerem Durchmesser erleichterte die Reinigung. Trotz der intensiven Wasserzirkulation in den Field'schen Rohren setzte sich dort rasch Kesselstein ab. Insbesondere im unteren Bereich der Rohre war das von großem Nachteil. Durch die mit der Kesselsteinbildung verbundene Verminderung der Wärmeleitung zum Wasser brannten die Rohre im Bereich der höchsten Heizgastemperatur leicht durch. Eine mechanische Reinigung war bei den tiefen Rohren schwierig. Sie gelang selten vollständig und es kam zu Beschädigungen. Man glühte die Rohre daher aus oder behandelte sie mit kalklösenden Säuren. Das Problem der

ungünstigen Ausnutzung der Heizenergie löste man durch die Verwendung einer höhenverstellbaren, mittig angeordneten „Birne“ (C). Sie war aus Gusseisen und ihr Durchmesser war so groß, dass die Heizgase sehr eng an den Field'schen Rohren vorbeigeführt wurden.

Durch die Temperatur über dem Feuerbett wurde die „Glocke“ im Betrieb rotglühend. Die Wärmestrahlung unterstützte die Aufheizung der Field'schen Rohre zusätzlich.

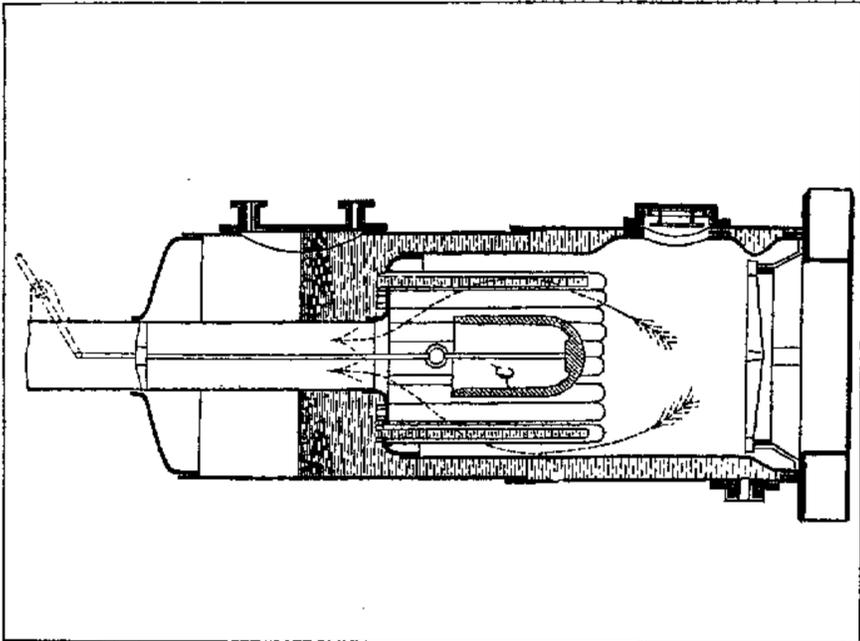


Bild 10.4.3/2:  
Kessel mit stehender Feuerbüchse und mit einem Kreis hängender Wasserrohren mit größerem Durchmesser (Field'scher Kessel)

Die Funktion eines Field'schen Rohres ist im nebenstehenden Bild dargestellt. In die dickwandigen, hängenden Wasserrohre waren leichte, oben und unten offene Blechrohre eingesetzt. Durch diese Innenrohre wurde eine Wasserzirkulation in den Wasserrohren (Siederohren) hervorgerufen. Der Dampf bildete sich im ringförmigen Raum zwischen dem Außenrohr, welches direkt vom Heizgas umgeben war, und dem Innenrohr. Er stieg nach oben. Gleichzeitig floss durch das Innenrohr kühleres Kesselwasser von oben nach. Die Zirkulation war sehr intensiv.

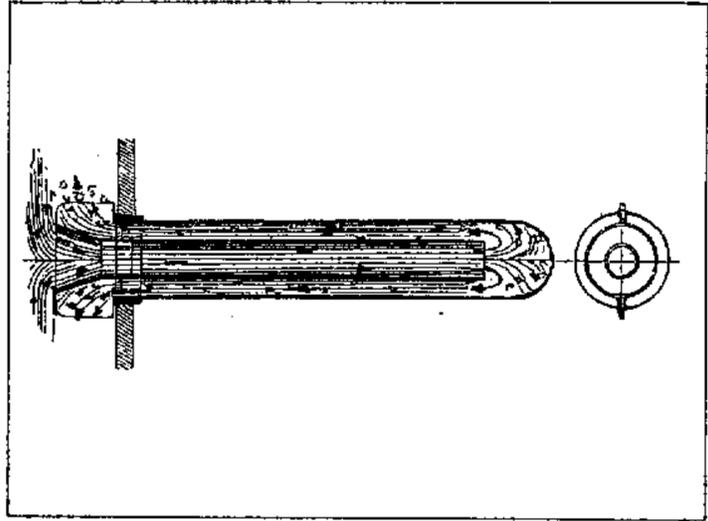


Bild 10.4.3/3:  
Funktion eines Field'schen Rohres (die Pfeile zeigen die Wasserzirkulation)

Kessel dieser Bauart hatten eine kurze Aufheizzeit und eine gute Verdampfungsleistung. Kessel mit freihängenden Röhren im Feuerraum gab es auch mit anderen Wasserrohrkonstruktionen (z.B. mit Todd'sche Röhren etc.).

Von Field'schen „Wasserröhrenkesseln“ lag eine Reihe von Erfahrungswerten vor. In der nachfolgenden Tabelle sind einige Hauptdaten für Heizflächen bis 25 qm wiedergegeben. Als fänden Näherungswerte zur Abschätzung und Auslegung der Kessel Anwendung.

Heizfläche in qm.	Kessel		Feuerbuchse		Röhre	
	Durchm. in m	Höhe in m	Durchm. in m	Höhe in m	Durchm. ausen in mm	Zahl
3,5	0,680	1,90	0,50	1,10	57	18
5,3	0,785	2,05	0,63	1,20	"	24
6,0	0,830	2,20	0,67	1,30	"	26
8,0	0,950	2,25	0,79	1,35	63	36
10,0	1,000	2,40	0,86	1,45	"	48
12,0	1,100	"	0,95	"	"	60
15,0	"	2,65	"	1,68	"	63
18,0	1,200	"	1,05	"	"	72
20,0	1,250	2,75	1,10	1,75	"	76
25,0	1,350	2,85	1,20	1,83	"	88

Bild 10.4.3/4:  
Hauptdaten von  
Field'schen Kesseln  
(um 1892)

#### 10.4.4 Stehende Wasserrohrkessel

Bei dieser Bauart war die äußere Form des Kesselmantels im Allgemeinen kastenförmig. Kessel mit Außenmantein in Form stehender Zylinder waren selten. Wasserrohrkessel kehrten quasi das Prinzip der Rauchrohrkessel um. Die Heizgase übertrugen ihre Wärmeenergie nicht von innen über eine Feuerbüchse und große Rauchrohre, sondern sie umspülten Wasserrohre mit kleinem Durchmesser von außen. Der Kesselmantel konnte aus leichten Blechen gefertigt werden musste sehr gut isoliert sein. Er begrenzte den Feuerraum nach außen. Eine tragende Funktion hatte er nicht. Die Form und Größe konnte an die Gegebenheiten und Brennmaterialien in weiten Grenzen angepasst werden. Die Form und Anordnung der Wasserrohre war von Ausführung zu Ausführung sehr verschieden. Es gab Kessel mit mäanderförmig, spiralförmig, schlangenförmig, wendelförmigen u.a.m. gebogenen Rohren. Die Rohrbündel konnten zu Paketen zusammengefasst sein, beispielsweise ein Paket zur Vorwärmung, eines zur Dampferzeugung und eines zur Überhitzung. Es gab auch Ausführungen, bei denen ein einziges Rohr wendel- und spiralförmig im Feuerraum untergebracht war (Schlangenrohrkessel). Die Länge der Rohre richtete sich nach der erforderlichen Heizfläche. Sie konnte mehrere hundert Meter betragen. Im Gegensatz zu den üblichen Kesselbauarten war das Wasservolumen im Kessel sehr gering. Nur die Wasserrohre führen Wasser und nur sie waren druckbeaufschlagt. Die Rostfläche lag unten. Die Heizgase wurden vielfach nicht frei zum Kamin geleitet, sondern zwangsgeführt. Die mehrfache Umlenkung verbesserte den thermischen Wirkungsgrad. Die Aufheizzeit war bei diesen Kesseln sehr kurz und die Verdampfungsleistung hoch. Ein großer Vorteil dieser Bauart war die Freiheit bei der Bemessung des Feuerraums. Er konnte sehr großvolumig ausgeführt werden. Brennmaterialien mit geringem Heizwert waren problemlos zu verfeuert. Auch mit dem in der Landwirtschaft häufig vorhandenes Stroh konnte wirtschaftlich geheizt werden. Stehende Wasserrohrkessel gab es in unzähligen Varianten. Bei verfahrenen Lokomotiven waren sie selten. Hauptverbreitungsgebiet in den deutschen Ländern waren kompakte Geweremaschinen mittlerer Leistung. Beim Betrieb der Kessel war auf eine hinreichende Nachspeisung zu achten. Bei dem geringen Wasservolumen in den Rohren konnte es leicht zur Überhitzung der Wasserrohre kommen. Ein weiterer Nachteil dieser Kesselbauart war das geringe Dampfvolument. Belastungsschwankungen konnten nur schwer ausgeglichen werden. Abhilfe schaffte die Anordnung eines separaten Oberkessels und Dampfsammlers.

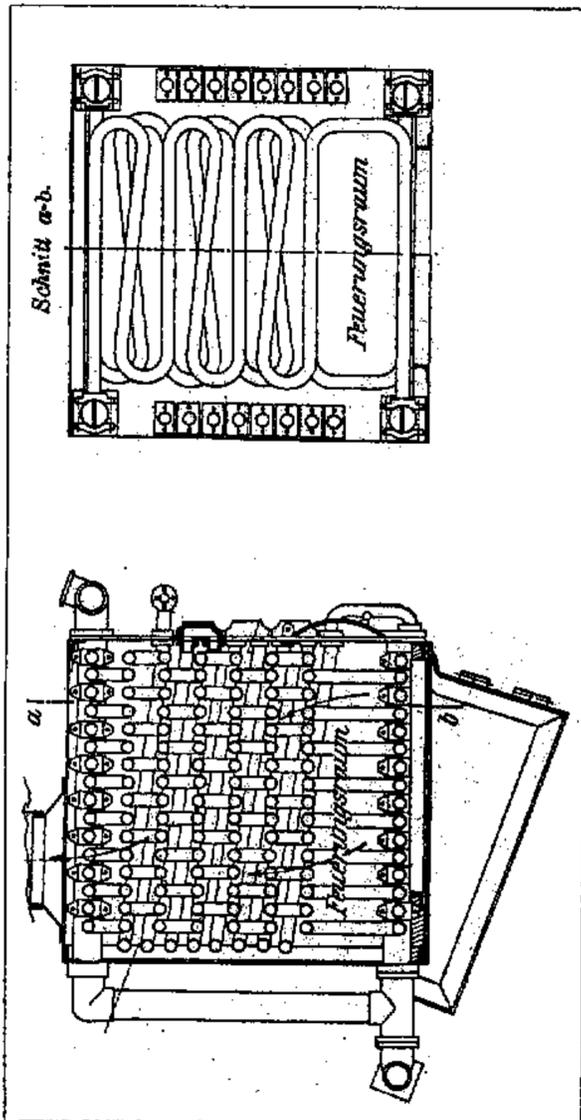


Bild 10.4.4/1: Rohrbündel eines modernen Wasserrohrkessels System Lilienthal (1910)

#### Anmerkung:

Besonders fortschrittliche Bauarten bei Lokomotiven ergaben sich, wenn bei den Wasserrohrkesseln die Restriktion der einfachen Außenform verlassen wurde. Durch eine Anpassung des Kessel-Blechmantels an das Brennmaterial, entstanden sehr wirtschaftliche und kompakte Kraftmaschinen. In den folgenden Bildern ist die sehr leichte Lokomotive eines französischen Herstellers dargestellt. Zum Wechseln des Einsatzortes der einachsigen Lokomotive reichte ein Pferd. Der große kastenförmige Kessel war vorne platziert. Er war aus leichten Blechplatten genietet und innen gut isoliert. Die stehende Einzylinder-Dampfmaschine lag hinten. Das Besondere war die Ausführung des Kessels. Er war für Stroffeuerung optimiert. Der gesamte Innenraum des Kessels war ein sehr großer Feuerraum. Der eigentliche Wasserrohrteil des Kessels bestand aus dem vorderen flachen Wasserkasten, den viertelkreisförmig gebogenen Wasserrohren und einem großen obenliegenden Dampfsammler. Stroh neigt beim Verbrennen zum Verschlacken der hitzeübertragenden Flächen. Die Entfernung der Schlacke ist schwierig und zeitaufwendig. Bei dieser Lokomotive konnte nach dem Entfernen der Frontwand des Kessels, der gesamte Wasserrohrteil nach vorne herausgezogen werden. Alle Rohre waren jetzt zur Reinigung frei zugänglich.

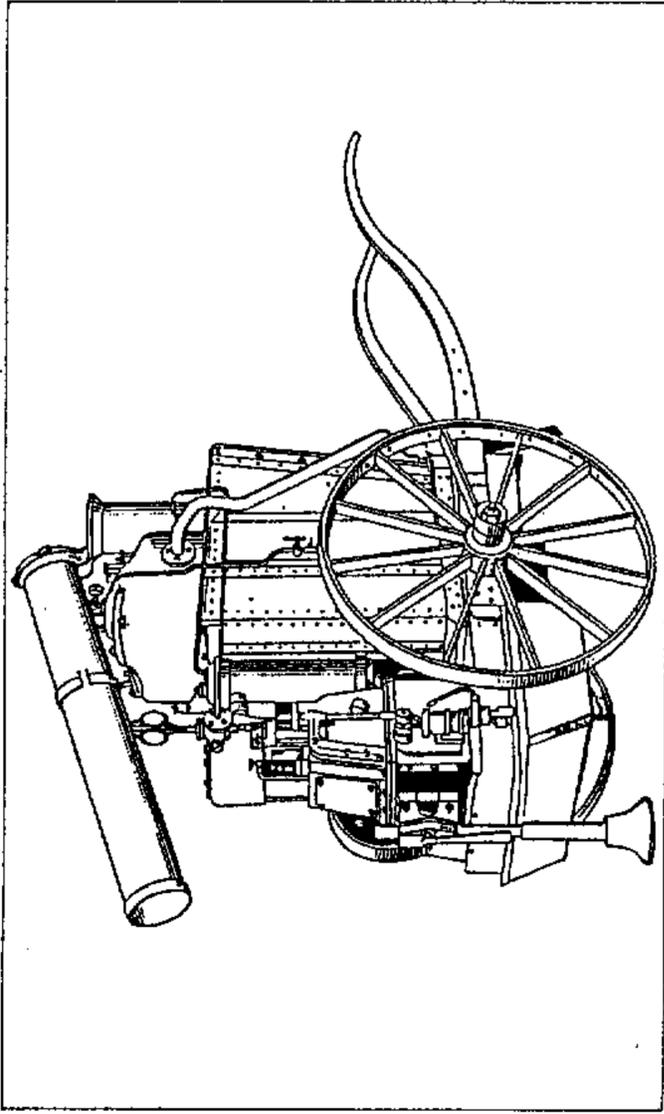


Bild 10.4.4/2: Einachsige Lokomotive mit Wasserrohrkessel für Stroffeuerung (um 1870)

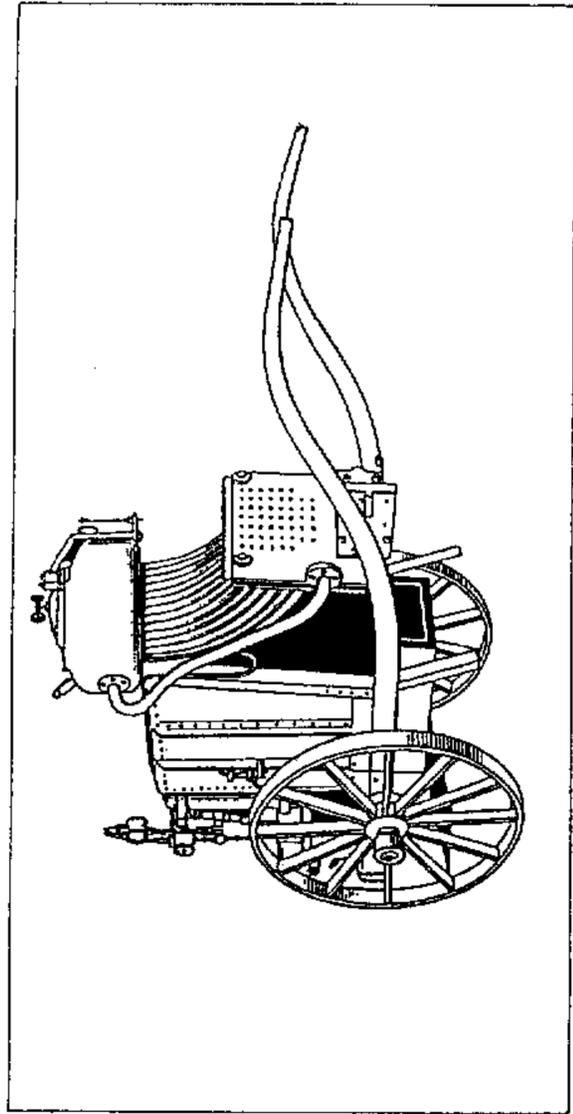


Bild 10.4.4/3: Gesamter Wasserrohrkessel der Lokomotive, herausgezogen

#### 10.4.5 Kessel-Sonderbauarten für ortsveränderliche Kraftmaschinen kleiner Leistung

Bei diesen Klein-Kraftmaschinen, Dampfmotoren, Hausmaschinen, Gewerbemaschinen u.a.m., es gab sie als verfahrbare Maschinen auf Rädern oder versetzbar auf einer Grundplatte, bildeten die Kesselkonstruktion und die Dampfmaschine häufig eine Einheit. Die Maschinen waren z.T. in die Kessel integriert. Einige Beispiele dieser Kessel findet man bei der Beschreibung der ausgeführten Maschinen in den Kapiteln 14 ff. Die Vielzahl an Bauarten war sehr groß. Zur Verdeutlichung der prinzipiellen Bauart soll an dieser Stelle das Beispiel eines Gewerbemotors genügen. Die folgenden Bilder zeigen die Maschine der Fabrik von Friedrich und Jaffé aus Wien, einmal als versetzbare Maschine und zum anderen die verfahrbare Maschine auf einem zweiachsigen Rädergestell.

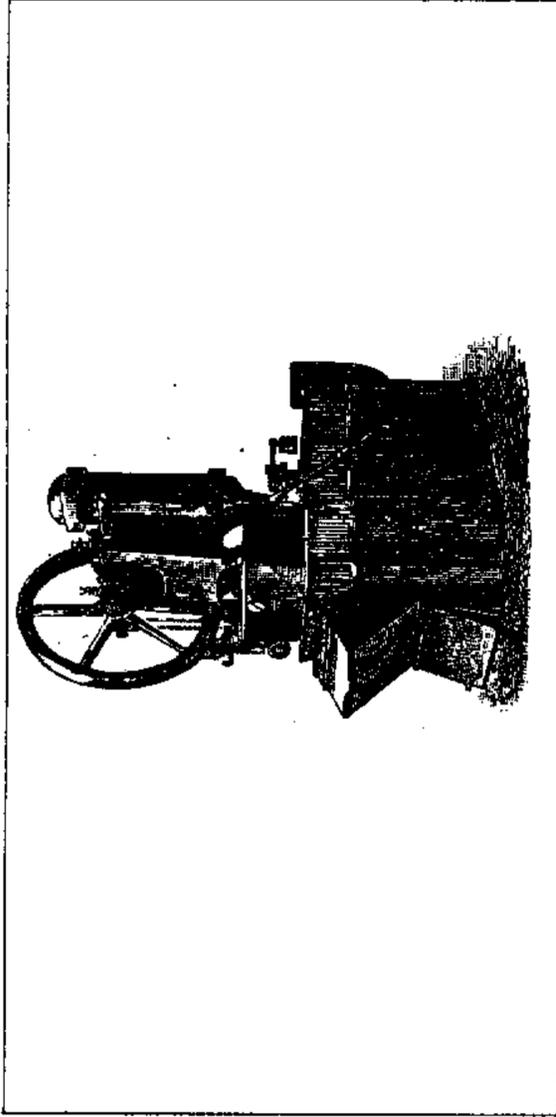


Bild 10.4.5/1: Gewerbemotor (Dampfmotor) als versetzbare Einheit (Friedrich und Jaffé, Wien (1862))

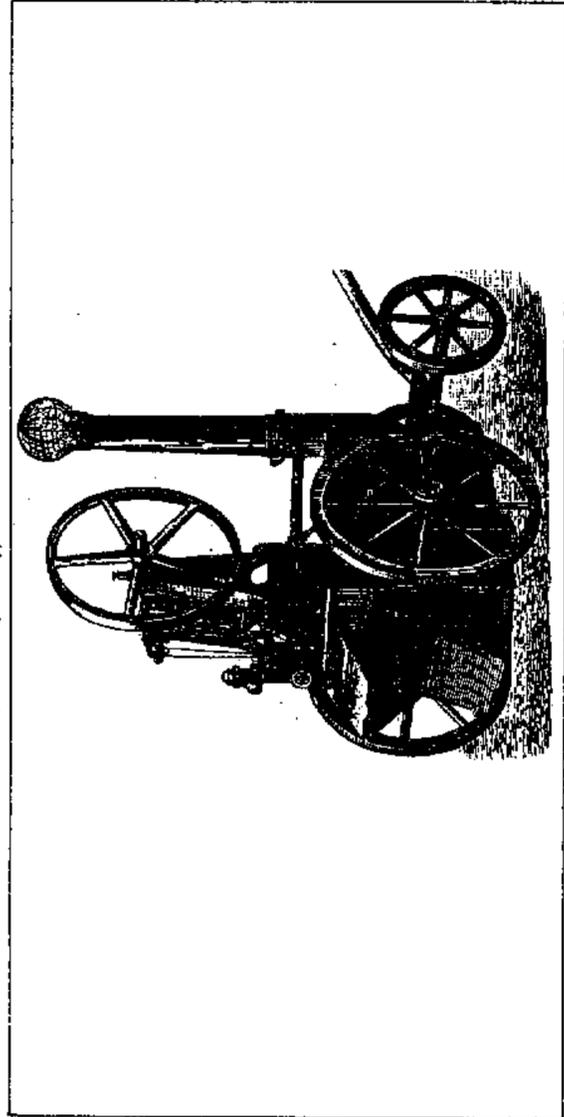


Bild 10.4.5/2: Gewerbemotor (Dampfmotor) als verfahrbare Einheit (Friedrich und Jaffé, Wien (1862))

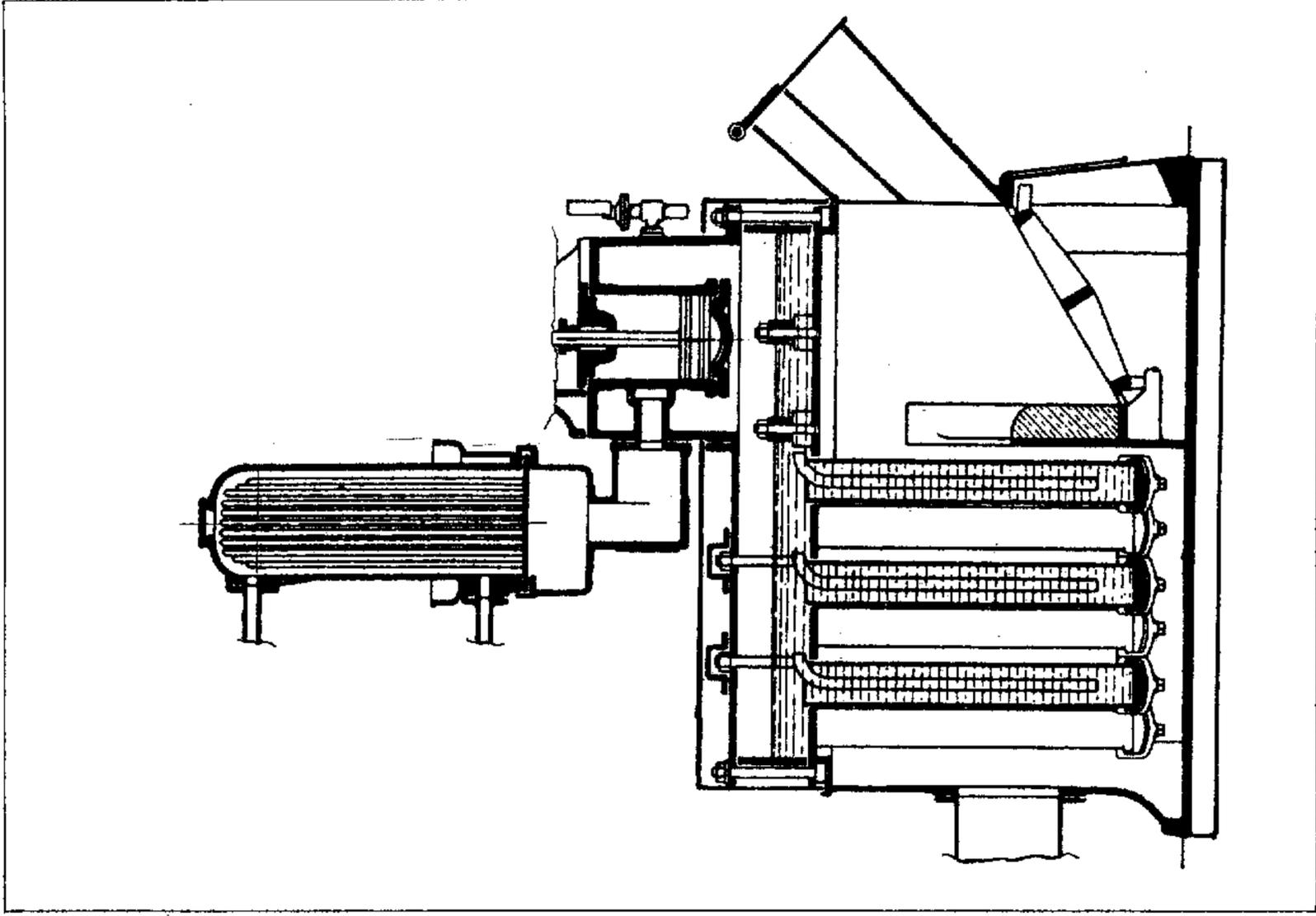


Bild 10.4.5/3: Kessel-Sonderbauart des Gewerbemotors von Friedrich und Jaffé (Kessel aus gegossenen Teilen gebaut mit Feuerbüchse, Schrägrost, Feuerbrücke und hängenden Wasserrohren, oben der Oberflächenkondensator)

Dampfkesselfabriken

von

**Jacques Piedboeuf**

Gesellschaft mit beschränkter Haftung

in

**Aachen und Düsseldorf**

Rheinpreussen

gegründet 1812

mit eigenem Blechwalzwerk und Röhrenwerk

liefern

**alle Arten Dampfkessel**

der bewährtesten Systeme,

namentlich solche für hohe Dampfspannungen  
(courante Grössen mit kurzer Lieferzeit).

**Apparate für Zucker-Fabriken  
chemische Fabriken.**

**Kocher**

für Cellulose- und Papier-Fabriken.

**✻ Dämpfer ✻**

für Garne und Gewebe.

**Kostenanschläge gratis.**

## 10.5 Schnellverdampfende Kessel

Ende des 19. Jahrhunderts wurde von vielen Herstellern sehr intensiv versucht, einen kleinen, leichten und schnell aufheizbaren Kessel mit gutem Wirkungsgrad zu entwickeln. Die prinzipielle Bauweise traditioneller Dampfkessel wurde dabei beibehalten. Auch die Feuerung mit Festbrennstoffen. Im Gegensatz zu den sofortverdampfenden Kesseln (Durchlaufkesseln) besaßen sie immer einen Wasser- und einen Dampfraum. Eine Abgrenzung zu den im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Kessel-Sonderbauformen ist allerdings nicht immer eindeutig möglich. Der Wasserraum der „Schnellverdampfer“ wurde so klein wie möglich gemacht und die Heizfläche durch verschiedene konstruktive Maßnahmen vergrößert. Es gab viele unterschiedliche Ausführungen. Bei den verfahrenen Lokomobilen sind sie selten zum Einsatz gekommen. Haupteinsatzgebiet der schnellverdampfenden Kessel waren versetzbare (halbstationäre) Kleindampfmaschinen. Diese Maschinen arbeiteten oft im unterbrochenen Betrieb. Bei diesen Einsatzbedingungen waren kurze Aufheizzeiten von großem Vorteil. Einige Beispiele ausgeführter Kessel für kleinere Dampfmaschinen mit kurzen Erläuterungen werden im Folgenden beschrieben.

Ein bekannter Hersteller von Gewerbemotoren mit schnellverdampfenden Kesseln war die Maschinenfabrik von Hofmeister aus Wien. Die Maschine und der gusseiserne Kessel waren aufeinander abgestimmt. Das Volumen an Kesselwasser war bei den Maschinen von Hofmeister bewusst so klein wie möglich gehalten. Im Feuerraum, er war gut isoliert mit feuerfesten Steinen ausgemauert, lag eine Vielzahl an U-förmigen Wasserrohren. Der kleine Wasserbehälter lag oben und schloss den Feuerraum ab. Um dem Kesseldruck standzuhalten war der große, gusseiserne Deckel über dem Feuerraum stark verrippt. Der obere Teil des Wasserbehälters, ebenfalls ein stabiles Gußteil, trug den Maschinensockel. Der Hersteller baute diese Kraftmaschinen mit unterschiedlichen Leistungen und in verschiedenen Ausführungen.

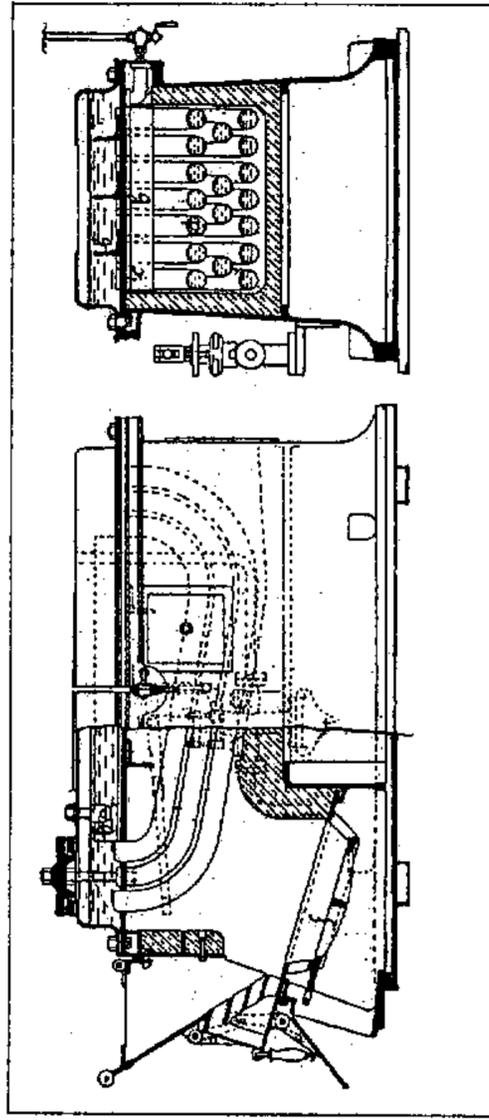


Bild 10.5/1: Kessel der Kleindampfmaschine von Hofmeister, Wien (1885)

Einen anderen Weg bei der Konstruktion beschritt die Maschinenfabrik von G. A. Kroll & Co in Hannover. Sie baute in Lizenz den patentierten „Elze-Dampfmotor“. Bei dieser Kleindampfmaschine war der gesamte Dampfzylinder der stehenden Einzylinder-Dampfmaschine in den Schnellkessel integriert. Der Kessel selbst bestand aus einer Vielzahl um den Feuerraum kreisringförmig angeordneter senkrechter Wasserrohre. Die Wasserrohre gingen oben und unten in ebenfalls ringförmige, kleine Wasserräume über. Der „Elze-Dampfmotor“ wurde etwa von einem Dutzend Herstellern gebaut.

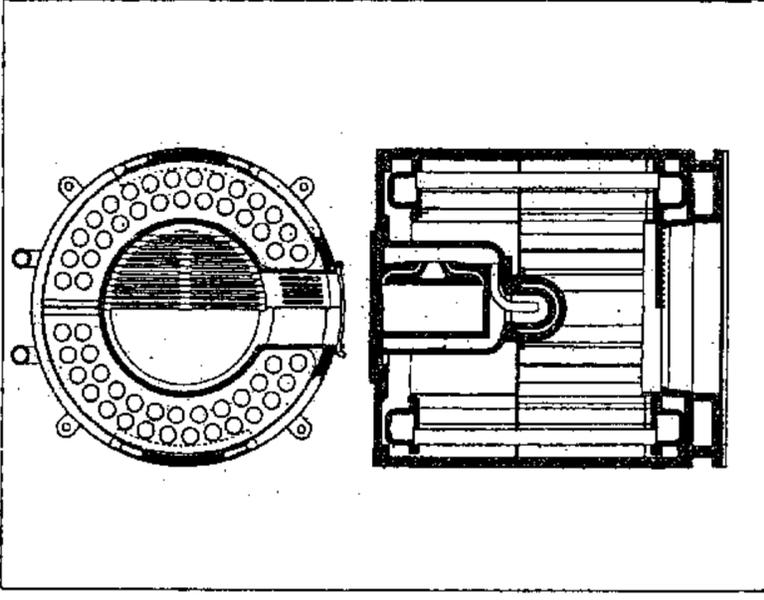


Bild 10.5/2: Kessel des „Elze-Dampfmotor“ der Maschinenfabrik von G. A. Kroll & Co (um 1880)

Die Maschinenfabrik von Klotz, Günther & Kops aus Merseburg stellte beispielsweise den „Simplex-Gewerbemotor“ her. Im Feuerraum waren zur Wärmeübertragung spezielle Rohre hängend angeordnet. Im Gegensatz zu üblichen Kesseln mit „Field'schen Rohren“ besaß der Simplex-Kessel nur einen sehr kleinen Wasserraum. Die Dampfmaschine war auf dem Kesselsockel quer liegend untergebracht.

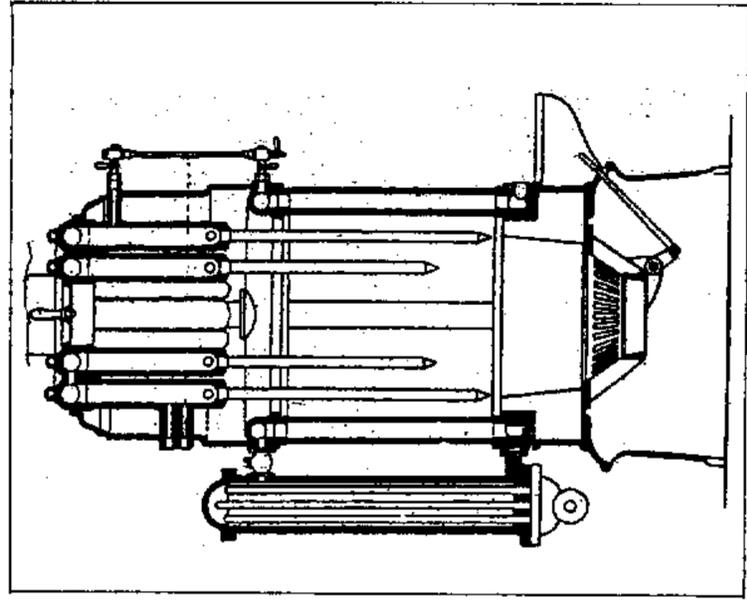


Bild 10.5/3: Kessel des „Simplex-Gewerbemotor“ der Maschinenfabrik von Klotz, Günther & Kops (um 1890)

Die Maschinenfabrik von Sachs & Bolte in Berlin war einer der Hersteller des „Victoria-Dampfmotors“. Der Kessel enthielt im Feuerraum eine große Zahl schräg stehender Wasserrohre mit einem kleinen Wasserraum. Das Besondere war die Führung der Heizgase. Zur besseren Ausnutzung der Wärme wurden die Heizgase mehrfach über die wasserführenden Kesselteile geführt.

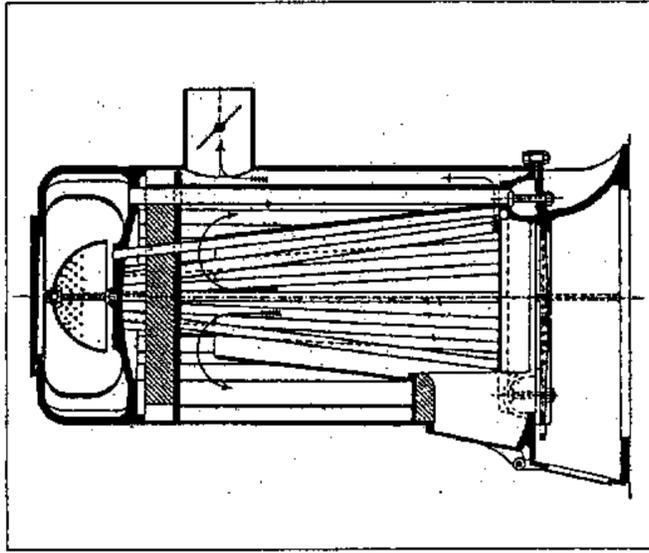


Bild 10.5/4:  
Kessel des „Victoria-Dampfmotor“  
der Maschinenfabrik von Sachs & Bolte  
(um 1888)

Die Maschinenfabrik von A. Pomnitz (vorm. F. Lieboldt & Co) in Chemnitz stellte eine Zeit lang in Lizenz den „Lilienthal-Dampfmotor“ her. Der „Lilienthal-Kessel“ war eine Besonderheit. Es war ein Wasserrohrkessel mit wendelförmig ausgeführten Wasserrohre, ein sogenannter „Einrohrkessel“. Durch mehrfache Umlenkung der Heizgase konnte die Wärmeenergie sehr intensiv ausgenutzt werden.

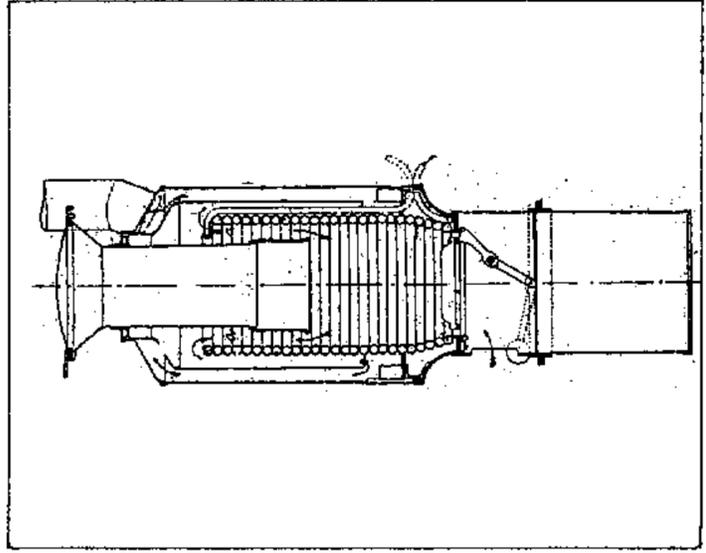


Bild 10.5/5:  
Kessel des „Lilienthal-Dampfmotor“  
der Maschinenfabrik von A. Pomnitz  
(um 1876)

Die Rohrwendel begrenzte den Feuerraum außen. Der Kessel stellt einen Grenzfall zu den sofortverdampfenden Kesseln dar. Im Prinzip nahm er die späteren „Schlangrohrkessel“ vorweg. Der amerikanischen Dampfwagenherstellers Doble verwendete Schlangrohrkessel in seinen Fahrzeugen. Auch die nach Doble-Patent in den 1930er Jahren gebauten Nutzfahrzeugkessel von Henschel, Kassel, besaßen diese Kesselbauart.

## 10.6 Sofortverdampfende Kessel

Diese Bauart ist bei fahrbaren Lokomobilen nach derzeitigem Kenntnisstand nicht eingesetzt worden. In Gewerbemotoren, Hausmaschinen und anderen Klein-Dampfmaschinen waren sofortverdampfende Kessel üblich. Die Bezeichnungen für diese Kesselbauart waren unterschiedlich. Man nannte sie Schnellkessel, Sofortverdampfer, Blitzkessel u.a.m. Bei Sofortverdampfern kamen nicht nur feste Brennmaterialien zum Einsatz, sondern auch flüssige Brennstoffe aller Art. Das thermische Prinzip war das eines „Durchlaufkessels“. In einem abgeschlossenen Feuerraum mit beliebiger Form wurde in Rohren oder rohrähnlichen Bauteilen (Rohrschleifen, Rohrplatten u.ä.) immer nur so viel Wasser verdampft, wie für den aktuelle Betrieb benötigt wurde. Sofortverdampfer erzeugten im Allgemeinen Dampf mit sehr hohem Druck. Sie besaßen einen sehr guten Wirkungsgrad, waren sehr leicht und bauen außerordentlich kompakt. Ein großes Problem bei sofortverdampfenden Kesseln war die genaue Steuerung der Speisewassermenge. Sie musste lastabhängig sein und erforderte präzise und sicher arbeitende Speiseeinrichtungen. In Deutschland sind Sofortverdampfer insbesondere durch drei Konstruktionen bekannt geworden. Ab 1878 baute die Maschinenfabrik von C. Ahrens & Co Blitzkessel mit Rohrschleifen. Die einzelnen Rohrschleifen waren mit geringem Abstand übereinander geschichtet. Sie nahmen mehr als die Hälfte des Feuerraums ein.

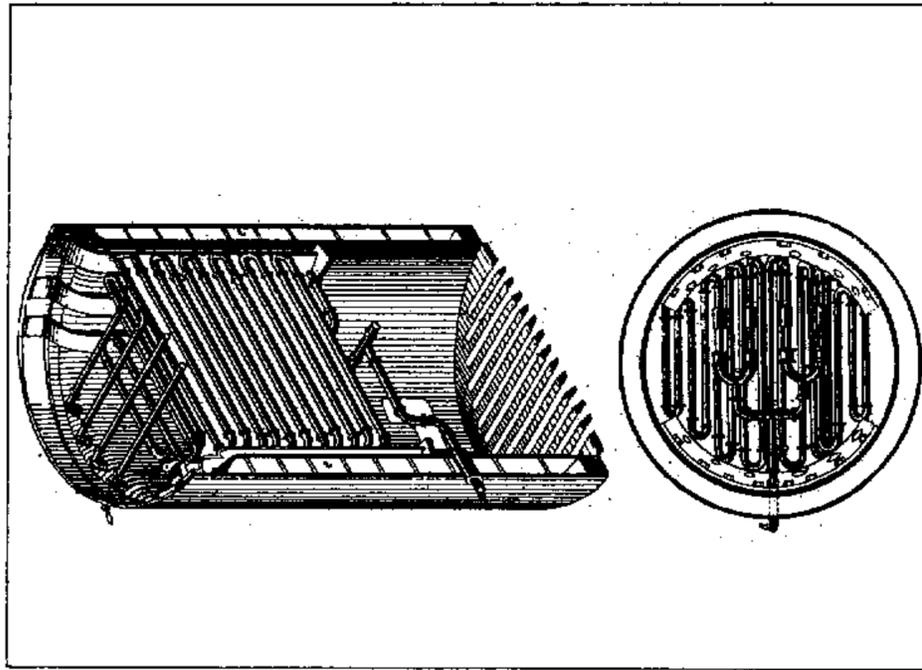


Bild 10.6/1:  
Rohrschleifenkessel von  
C. Ahrens & Co  
(1878)

Ab 1902 baute Peter Stoltz und seine „Motorfahrzeugfabrik Deutschland“ Durchlaufkessel nach eigenem Patent in Rohrplattenbauweise für allgemeine Kraftmaschinen, u.a. für Lastkraftwagen, Eisenbahntriebwagen u.a.m. Die Kessel konnten mit Festbrennstoffen oder

mit flüssigen Brennstoffen gefeuert werden. Sie stellten allerdings eine Zwischenform zu den eigentlichen Sofortverdampfern dar. Das Wasservolumen der Kessel war zwar sehr gering, aber die Nachspeisung erfolgte nicht unmittelbar lastabhängig. Die Kessel von Stoltz sind in einigen dampfgetriebenen Nutzfahrzeugen eingesetzt worden. Eine Reihe bekannter Unternehmen hatte Lizenzen von Stoltz erworben, u.a. Friedr. Krupp, die Hanomag sowie der SLM in der Schweiz. Die Betriebsdrücke lagen bei 50 atm. Die Kessel galten als „unexplodierbar“. Es gibt Informationen darüber, dass die Kessel von Stoltz auch in halbstationären Kraftmaschinen eingesetzt worden sind. Nachweise konnten bisher nicht gefunden werden.

In den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts stellte Henschel in Kassel u.a. Nutzfahrzeuge mit Durchlaufkesseln nach einem amerikanischen Patent der Gebr. Doble her. Der Dampferzeuger war ein sogenannter „Schlangrohrkessel“ mit einer mehrere hundert Meter langen Rohrschleife. Der Betriebsdruck lag bei 100 at. Bei Halblokomobilen mit größerer Leistung sind diese Sofortverdampfer, soweit bisher bekannt, nur in Versuchsträgern eingebaut worden.

Bei allen vorgenannten Ausführungen gab es eine Trennung von Dampferzeuger und Maschine. Diese Baugruppen waren zwar kompakt zusammengebaut, aber deutlich unterscheidbar. Typischer für den Einsatz sofortverdampfender Kessel waren allerdings ortsveränderliche Kraftmaschinen, bei denen der Kessel und die Maschine integriert waren. Gebaut wurden sie in den unterschiedlichsten Konstruktionen. Ihre Leistungen gingen selten über einige PS hinaus, es waren also typische „Klein-Dampfmaschinen“. Bei diesen Maschinen lagen sehr spezielle Anforderungen vor. Die Kosten für den Brennstoff waren nicht entscheidend, wichtiger war eine einfache Bedienung durch Laien, ein absolut sicherer Betrieb auch ohne ständige Beobachtung, ein einfacher Aufbau, wartungsarmer Lauf und rasche Inbetriebnahme. Als Beispiel soll hier der Gewerbemotor kleiner Leistung mit einem sofortverdampfenden „Kessel“ der Maschinenfabrik von Wilhelm Schmidt aus Braunschweig dargestellt werden. Einen üblichen „Kessel“ besaß die Maschine nicht. Es gab eine Kostfeuerung und den Feuerraum A. Die Hitze wurde an einen stark gegliederten Rippenkörper B abgegeben. In der nebenstehenden Skizze ist die Unteransicht auf diesen Rippenkörper C eingetragene. C war der sogenannte Isolierzylinder. Dampfzylinder und Isolierzylinder C waren aus einem Stück. Der Dampfmotor war einfach wirkend. Mit jedem Hub der Maschine wurde stoßweise so viel Wasser zugeführt, wie für einen Kolbenhub notwendig war. Die Steuerung der Wasserrzufuhr erfolgte durch den Maschinenkolben F. Er betätigte den kleinen Pumpenkolben G. Das Speisewasser wurde bei I zugeführt. Zwischen dem Rippenkörper B und dem Isolierzylinder C befand sich über die gesamte Umfangsfläche ein kleiner Spalt von etwa 1mm, in dem das zugeführte Wasser sofort verdampfte. Bei k trat der Dampf mit sehr hohem Druck in den Zylinder ein und trieb den Kolben an. Einfacher und mit weniger Bauteilen war eine Klein-Dampfmaschine kaum zu bauen.

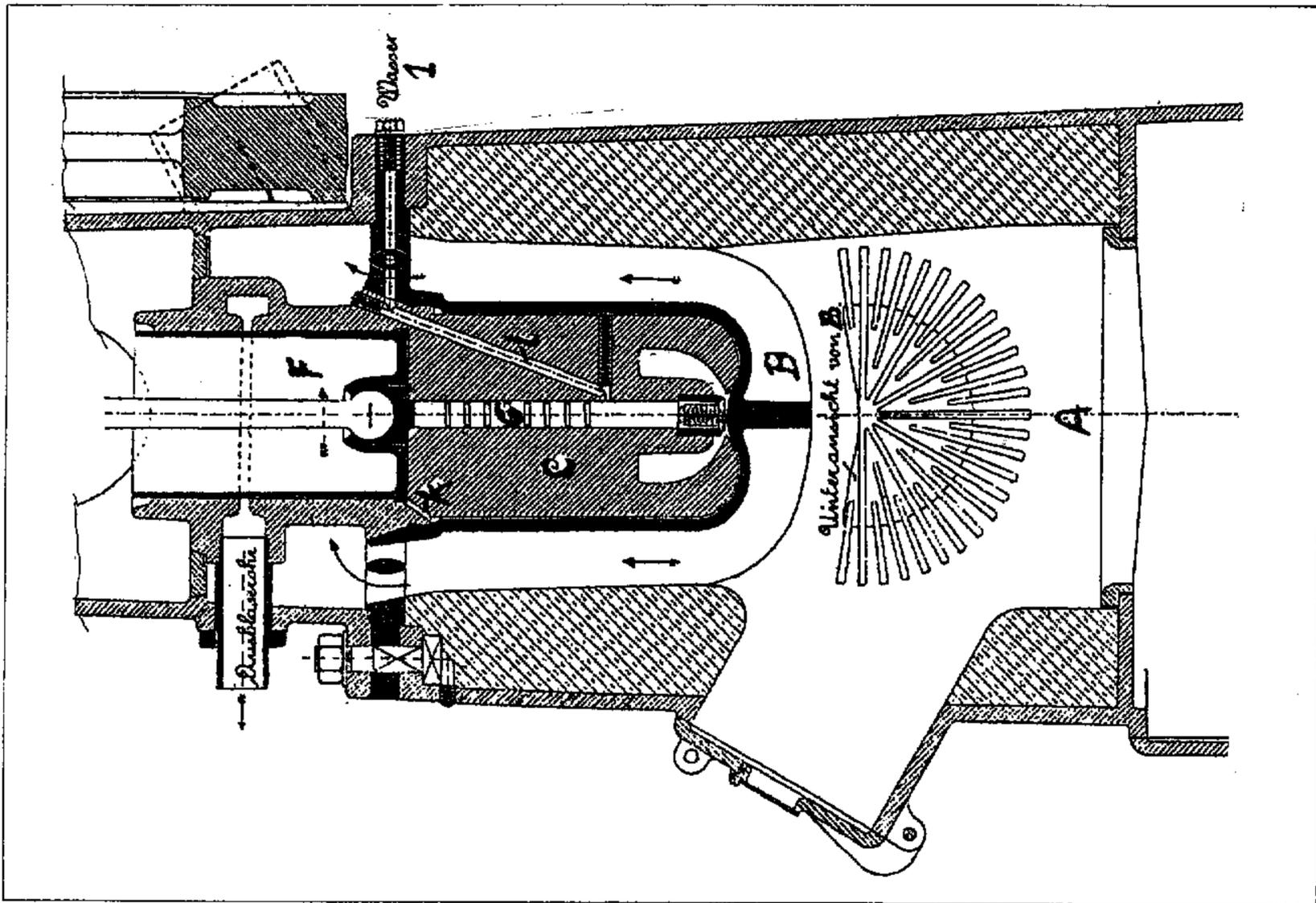


Bild 10.6/2: Integrierte Klein-Dampfmaschine (Gewerbemotor) mit Sofortverdampfer der Maschinenfabrik von Wilhelm Schmidt, Braunschweig (1887)

## 10.7 Sonderbauformen

In der langen Entwicklungszeit der Lokomobilkessel sind eine Reihe von Sonderformen entwickelt worden, sowohl bei den liegenden, als auch bei den stehenden Kesseln. Bei ihnen wurden einzelne Parameter zur Erhöhung der Verdampfungsleistung optimiert. Das betraf insbesondere die Verbrennung, die Form und Lage der Roste, die Luftführung sowie die Kesselbeschickung. Eine gewisse Verbreitung haben Kessel mit besonderer Luftführung gefunden. Um eine möglichst vollkommene Verbrennung der Heizgase zu erreichen, teilte man die Zuluft in eine Erstluft (Primärluft) von unten und eine Zweitluft (Sekundärluft), die seitlich oder von oben zugeführt wurde. Die Feuerungen einiger Halblokomobilen arbeiteten mit geteilter Luftführung. Es gab Ausführungen, bei denen die Oberluft vorgewärmt wurde. Ein anderes Beispiel für eine besondere Kesselbauform ist die bei liegenden und bei stehenden Lokomobilkesseln eingesetzte „Tenbrink-Feuerung“. Bei größeren Anlagen, beispielsweise bei großen Halblokomobilen, war die Beschickung des Kessels mit Brennmaterial durch selbsttätige Systeme verbreitet. Bei kleineren Lokomobilkesseln versuchte man die Vorteile dieser Beschickung mit einfachen Mitteln zu erreichen. Ein Beispiel hierfür war die „Tenbrink-Feuerung“. Das in einem Einwurfrichter gesammelte Brennmaterial wurde einem Steilrost zugeführt und je nach Intensität der Feuerung nach und nach verbrannt. Das benötigte Brennmaterial rutschte durch die Schwerkraft einfach nach. Im normalen Betrieb reichte es aus, wenn der Heizer den Einwurfrichter stets gefüllt hielt. Bei dem unten wiedergegebenen liegenden Lokomobilkessel mit Tenbrink-Feuerung schräg von einem Maschinenfabrik Esslingen war die liegende zylindrische Feuerbüchse mit Tenbrink-Feuerung der Feuerungskegel mit dem Steilrost durchdrungen. Der Ascheraum, der Rost, der gesamte Feuerraum und der Übergang zu den Rauchrohren waren vollständig vom Kesselwasser umgeben. Diese Bauart gestattete ferner eine sehr feine Regulierung des Zuges und damit eine sehr gute Ausnutzung des Brennmaterials. Neben dem üblichen einstellbaren Rauchschieber und der verstellbaren Aschenfalltür war noch eine zusätzliche Klappe über dem Einwurfrichter vorhanden. Mit Hilfe von Stellschrauben konnte die Zugregulierung verändert werden. Die komplizierte Feuerbüchse war aus zwei Teilen zusammengesetzt, einem schrägen nahezu zylindrischen Teil und einem kegelförmigen Teil. Diese Kessel hatten durch die fast vollständige Nutzung der Feuerungswärme einen sehr guten Wirkungsgrad und waren schnell aufzuheizen.

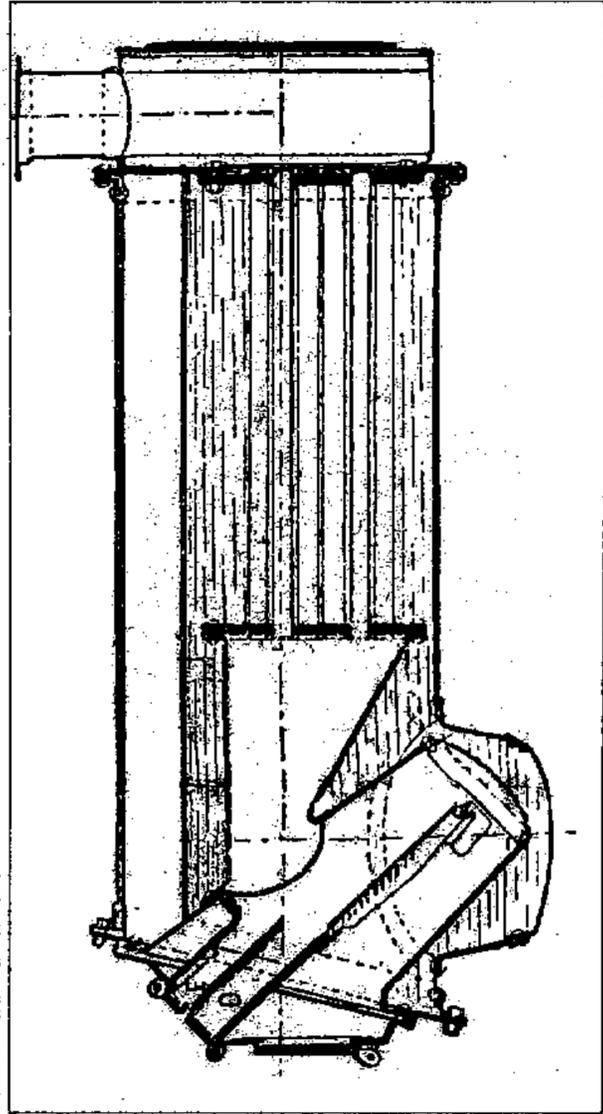


Bild 10.7/1: Liegender Lokomobilkessel mit Tenbrink-Feuerung (1888)

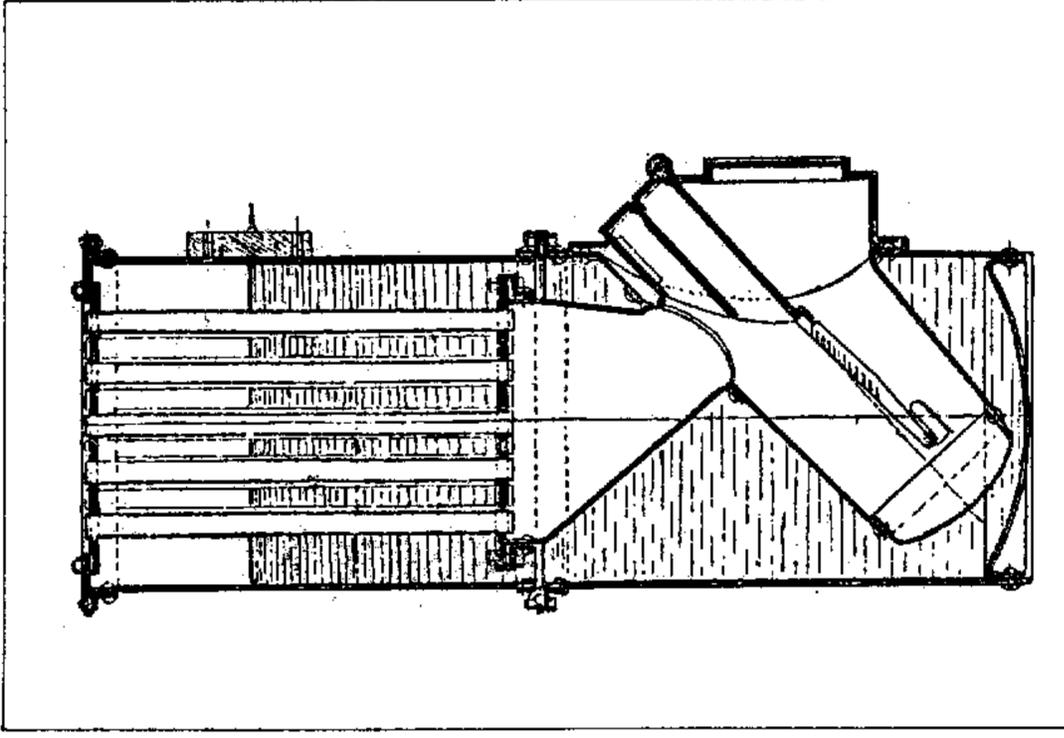


Bild 10.7/2:  
Stehender Lokomobilkessel  
mit Tenbrink-Feuerung  
(1888)





Eine völlig andere Form hatte die „Rauchkammer“ bei liegenden Kesseln mit rückkehrenden Rauchrohren. Der erste Zug ging bei dieser Bauart meist von der Feuerbüchse durch ein über die gesamte Länge des Zylinders verlaufendes Flammrohr. Am Ende des Flammrohrs war vorne eine Feuerkammer als Sammler für die noch sehr heißen Heizgase vorhanden. Im zweiten Zug wurden die Heizgase dann durch eine Vielzahl an Rauchrohren über die gesamte Länge in eine hinten liegende Rauchkammer zurückgeführt. Der Kessel hatte eine große Feuerkammer und eine wesentlich kleinere Rauchkammer. Die Rauchkammer lag direkt über dem Feuergeschränk an der Heizerseite des Kessels. Für eine große Rauchkammer war kein Platz. Zur Reinigung der Rauchrohre war eine verschließbare Klappe vorhanden.

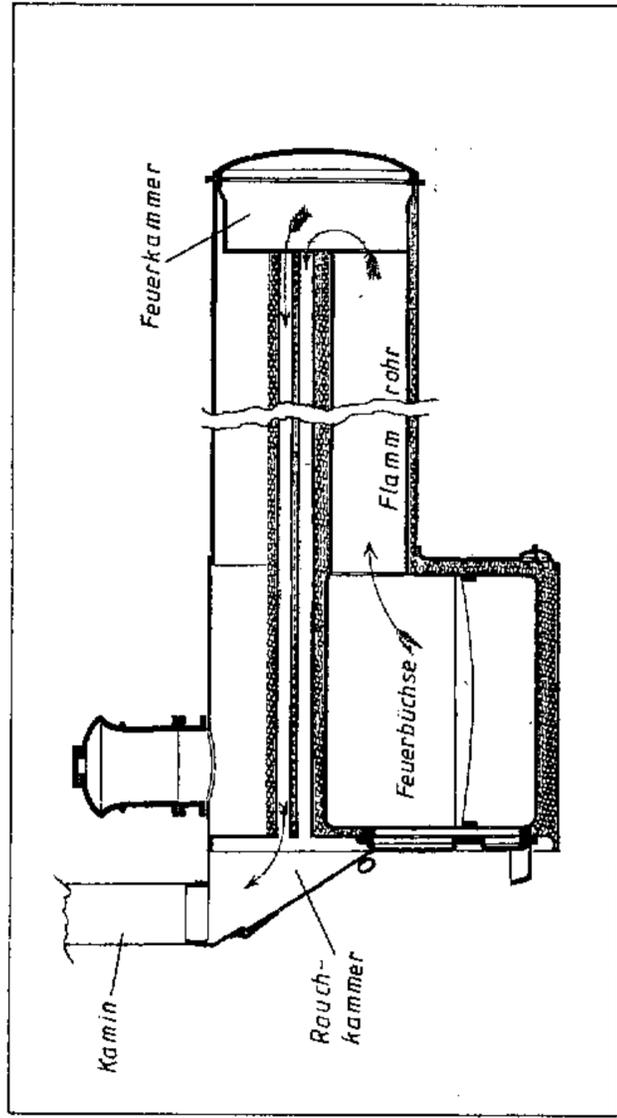


Bild 10.8.1/3: Feuer- und Rauchkammer bei einem liegenden Kessel mit rückkehrenden Rauchrohren (Prinzipskizze)

Der für die Verbrennung notwendigen Luftzugs wurde, unabhängig von baulichen Details des Kessels, in der Regel durch einen Kamin mit natürlichem Zug erzeugt. Er bestand aus dünnem Blech und war zur besseren Zuentwicklung in Form eines aufgehenden Kegels ausgeführt. Für die Wirkung des Kamins war, neben der Höhe, der kleinste Querschnitt entscheidend. Der Querschnitt musste der Feuerung und dem Brennmaterial angepasst sein. Als Erfahrungswert galt bei Einzylindermaschinen: kleinster Kamindurchmesser 1- bis 1,5-mal Zylinderdurchmesser. Der kleinste Querschnitt bestimmte die größte Strömungsgeschwindigkeit. Sie war bei gleichem Kaminquerschnitt umso größer, je höher der Kamin war und je wärmer der durchziehende Rauch. Als Kaminhöhe wählte man den sechs- bis siebenfachen des kleinsten Kamindurchmessers, maximal das 10fache. Wenn bei natürlichem Zug die Wirkung zu schwach war, konnte eine Kaminverlängerung aufgesetzt werden.

Eine gängige Maßnahme zur Zugunterstützung war der Einsatz eines sogenannten „Blasrohrs“. Ein Teil des Abdampfes, bei verfahrenen Lokomotiven oft auch der gesamte Abdampf, wurde dabei in den Kamin eingeblasen. Das Ende des Blasrohrs war meist als Düse kegelförmig ausgebildet (Steigung bis 1 : 10). Sie erhöhte die Austrittsgeschwindigkeit des Dampfes und damit die Wirkung des Blasrohrs. Durch die große Geschwindigkeit wurden die umgebenden Rauchgase mitgerissen. Das führt zu einem abnehmenden Druck in der Rauchkammer und zu vermehrtem Zug im Feuerraum. Wenn durch die Temperaturverhältnisse ein Teil des Dampfes kondensierte, verbesserte der verringerte Druck

ebenfalls den Zug. Die Düse des Blasrohrs lag meist zentrisch kurz unterhalb der engsten Stelle im Kamin oder im Kaminsockel (Kaminfuß). Der Querschnitt der Düse sollte so groß sein, dass sich kein nennenswerter Gegendruck (weniger als 1,2 atm) im Abdampf aufbauen konnte. Der Gegendruck wirkte unmittelbar auf die Auslassseite der Maschine und verringerte die Leistung. Einige Maschinen hatten einstellbare Düsenringe. In manchen Quellen wird diese einfache Zugunterstützung schon als „künstlicher Zug“ bezeichnet. Diese Zugunterstützung funktionierte nur im laufenden Betrieb der Lokomotive. Beim Anheizen, in dieser Phase war eine Zugunterstützung besonders gefragt, war sie unwirksam. Zur Lösung des Problems setzte man ein sogenanntes „Hilfsdampfleitungen“ (Hilfsblasrohr, Hilfsbläser) neben oder im eigentlichen Blasrohr ein. Wenn sich beim Anheizen ein leichter Kesselndruck von etwa 1 atm aufgebaut hatte, wurde in dieser Zeit ein Teil des Frischdampfes zur Zugunterstützung in das Hilfsblasrohr geleitet. Bei einigen Lokomotiven konnte auch der Frischdampf mit dem Nenndruck des Kessels in das Blasrohr geleitet werden. Kurzzeitig wurde dadurch ein starker Luftzug erzeugt, der beispielsweise die Rauchrohre des Kessels von Ruß reinigte.

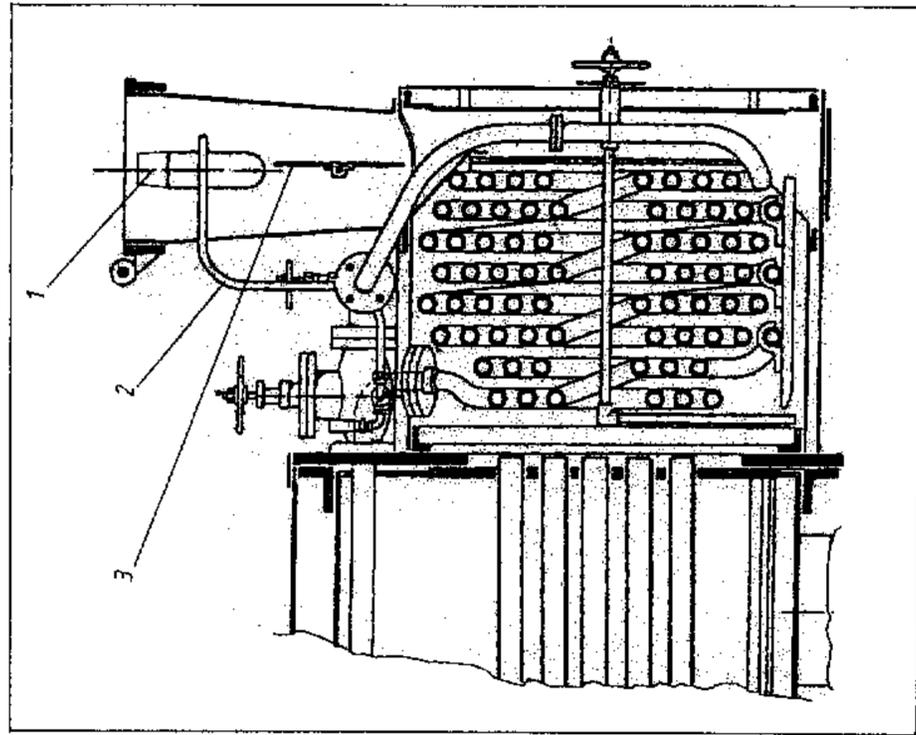


Bild 10.8.1/4:  
Blasrohr (1) und Hilfsbläser (2)  
und Rauchklappe (3) bei einem  
Lokomotivkessel mit  
Überhitzer  
(Maschinenfabrik R. Wolf,  
Magdeburg-Buckau (1902))

Im Betrieb der Lokomotive musste der Zug sehr feinfühlig reguliert werden können, und zwar auf dem gesamten Weg der Brennluft. Also der Frischluftstrom, der Heizgasstrom und auch die Strömung des Rauchs. An der Heizerseite, vor der Feuerung, waren zur Frischluftregulierung entsprechende Klappen oder Schieber am Aschenkasten und, je nach Feuerung, auch in der Feuertür vorgesehen. Des Weiteren konnte der Heizer durch die Beschickung mit neuem Brennmaterial den Zug verändern. Der Widerstand der Brennluft beim Durchströmen des Feuerbetts war stark abhängig von der Art, wie er das neue

Brennmaterial zusetzte. Gleichmäßige kleinere Mengen verteilt auf dem gesamten Feuerbett hatten einen kleineren Widerstand als größere Mengen, die in dickerer Schicht aufgelegt wurden. Diese Art der Zugbeeinflussung war aber nur sehr begrenzt möglich und sehr ungenau. Deshalb befand sich im Kaminsockel (oder im Kamin selbst) eine Klappe oder ein Schieber zur Einstellung des Zuges an der Rauchseite. Dieses Stellelement musste sehr genau arbeiten und zur Außenluft dicht schließen. Die Stellung des Elements war durch den Verstellhebel von außen sichtbar. Die Stellung konnte verriegelt werden.

Bei verfahrenen Lokomobilen musste der Kamin für die Fahrt abgenommen oder heruntergeklappt werden. Bei großen, schweren Kaminen setzte man zur Erleichterung dieser Arbeit einfache mechanische Hilfen ein, die fest mit dem Kamin verbunden waren. Hilfsmittel waren beispielsweise Zugketten, Zugstangen oder Spindeln mit Verstellmuttern.

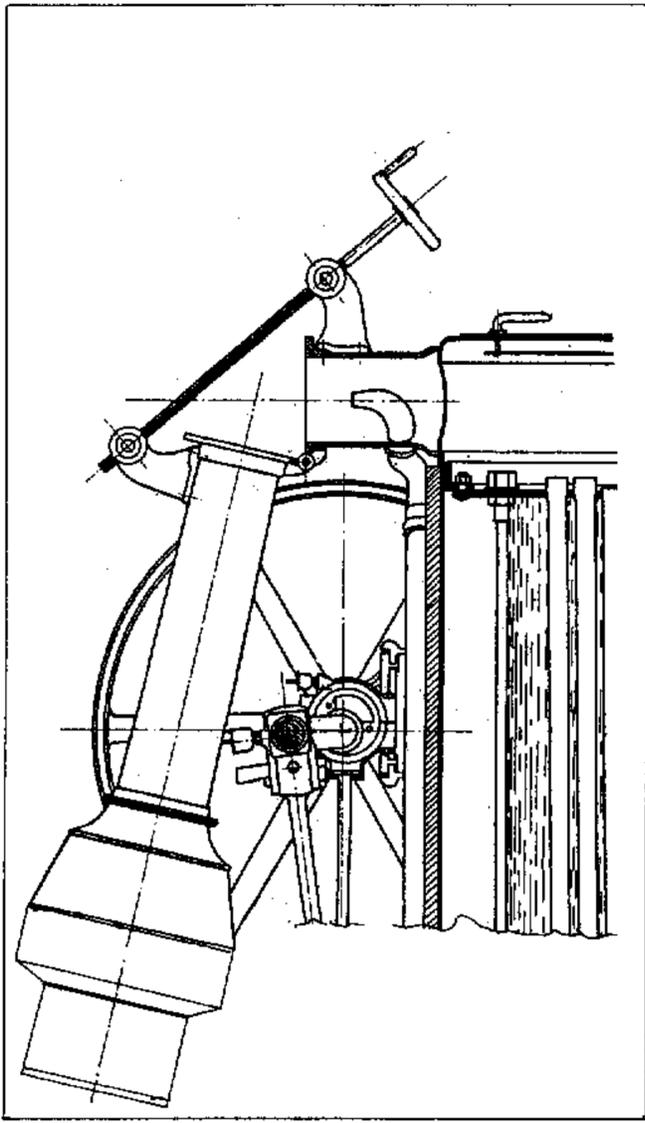


Bild 10.8.1/5: Einrichtungen zum Ablegen und Aufrichten des Kamins mit Verstellspindel (Maschinenfabrik von Th. Flöther, um 1900)

Bei modernen Heißdampf-Lokomobilen war die Rauchkammer, optisch deutlich erkennbar, zur Aufnahme eines Überhitzers nach vorne verlängert (siehe Bild 10.8.1/4). Die Feuerung und der Kessel mussten für den Betrieb mit Überhitzer ausgelegt sein. Im Allgemeinen wurden Überhitzer eingesetzt, bei denen der Dampf durch Rohre geleitet wurde, die außen von Heizgasen entsprechend hoher Temperatur umspült wurden. Die Rohre waren als Rohrschlangen oder Rohrpakete ausgebildet. Am grundlegenden Aufbau der Rauchkammer änderte sich durch den Überhitzereinsatz nichts. Die Einrichtungen zur Überhitzung werden in späteren Abschnitten detailliert behandelt.

Im Rauch der Lokomobilen wurden, je nach Brennstoff, Feuerungsart, Intensität des Zuges und anderen Parametern, feste Bestandteile mitgerissen. Ein Teil von ihnen war glühend. Dieser Funkenflug stellte eine ständige Brandgefahr dar. Im Kamin (oder der Rauchkammer) waren daher Einrichtungen eingebaut, die diese Gefahr verminderten. Diese „Funkenfänger“ werden später bei den Sicherheitseinrichtungen behandelt.

## 10.8.2 Rauchkammern bei stehenden Kesseln

Bei stehenden Kesseln bezeichnete man den oberen Abschluss auch als Rauchfang. Der Kamin war in der Regel zentrisch angeordnet und wurde gerade nach oben geführt. Es gab aber auch Ausführungen mit obenliegendem, seitlichem Rauchabgang. Die Heizgase konnten hierbei beim Betrieb in Räumen durch eine Wand oder ein Fenster ins Freie geleitet werden. Der eigentliche Kamin stand draußen, neben dem Gebäude. Im Grundsatz gelten die bei den Rauchkammern der liegenden Kessel gemachten Ausführungen auch für die stehenden Kessel. Der Mechanismus zur Zueinstellung war von der Bauart des Stehkessels abhängig. Bei Kesseln mit Field'schen Rohren wurden keine Klappen oder Schieber verwendet, sondern zentral in der Kaminachse bewegliche „Glocken“. Sie verteilten die Heizgase in radialer Richtung besser.

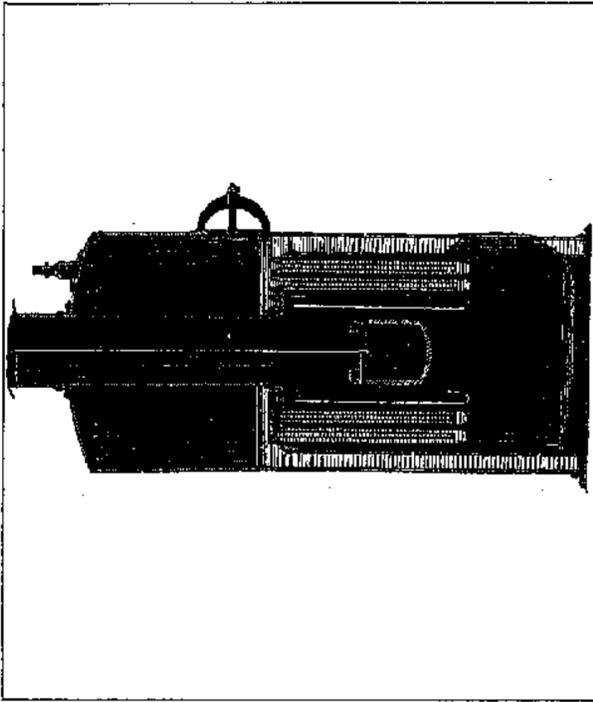


Bild 10.8.2/1: Rauchkammer mit „Glocke“ eines Field'schen Kessels

Bei der Vielzahl an Ausführungen bei kleinen dampfgetriebenen Kraftmaschinen mit stehenden Kesseln gab es auch Maschinen ohne erkennbare Rauchkammer. Die Heizgase wurden zur besseren Nutzung der Wärmeenergie beispielsweise mehrfach im Kessel umgeleitet und der Rauch unten, neben der Feuerbüchse nach außen geführt. Der Kamin stand neben der Maschine. Das nachfolgende Bild zeigt eine solche Ausführung der Maschinenfabrik Esslingen.

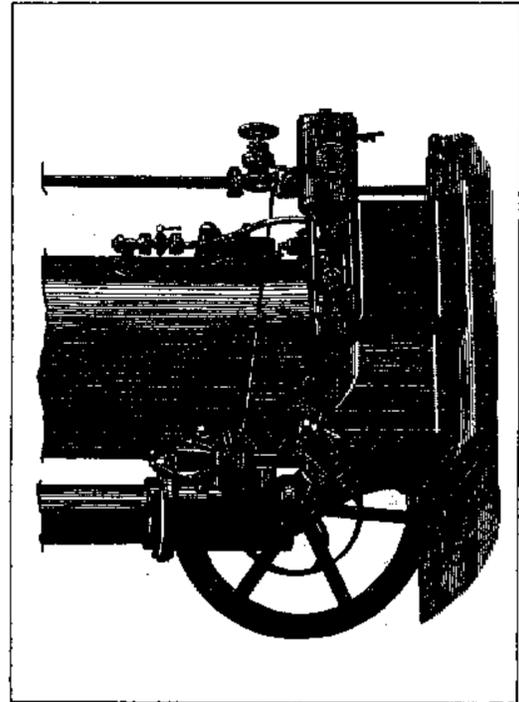
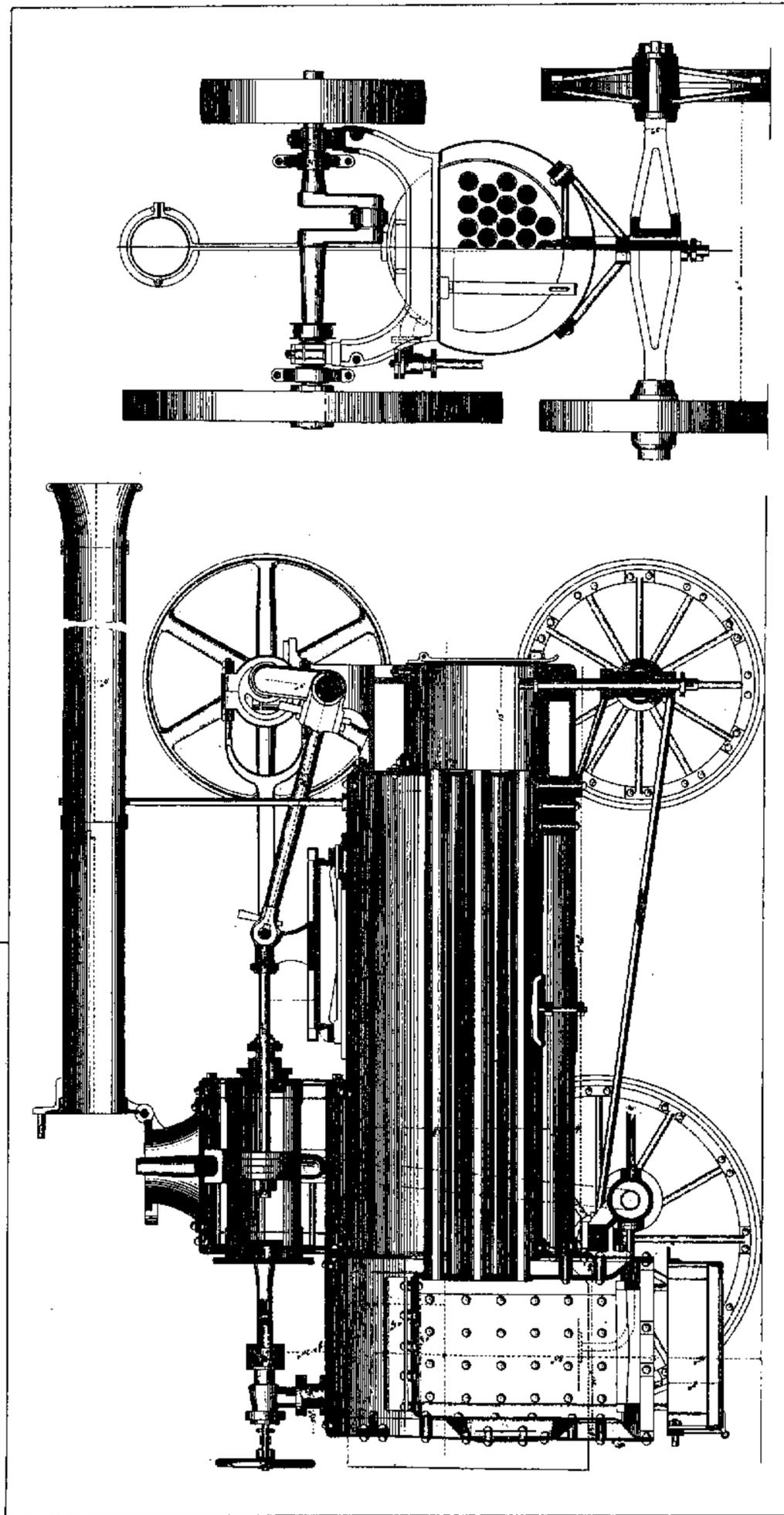


Bild 10.8.2/2: Ausführung einer Klein-Dampfmaschine der Maschinenfabrik Esslingen mit unten seitlich abgehendem Kamin (um 1888)

**Bemerkung:**

Bei den Ausführungen der Rauchkammern gab es auch sehr ausgefallene Konstruktionen. Insbesondere bei den Lokomobilen, die die Heizgase in mehreren Zügen intensiv ausnutzten. Ein Beispiel ist die frühe Lokomobile von A. Borsig, Berlin, aus dem Jahr 1864. Der erste Zug der Heizgase ging durch die vorgehenden Rauchrohre in die vorne liegende, kleine Rauchkammer. Die Rauchkammer hatte keinen Kamin. Sie war seitlich verbreitert und ihre Form gestattete die Rückführung der Gase in einem zweiten Zug außen zwischen dem Zylinderkessel und der Blechisolation des Kessels vorbei nach hinten. Dort wurden die Heizgase wieder zusammengeführt und zur Vorwärmung des auf der Feuerbüchse liegenden Dampfzylinders genutzt. Der Kamin befand sich über dem Dampfzylinder. Die eigentliche Rauchkammer war ein stabiles Gussteil mit oben liegenden Lagerböcken für die Kurbelwelle.



## 10.9 Kesselsisolierung

Um die unvermeidlichen Wärmeverluste durch Wärmeabstrahlung zu vermindern wurden die freiliegenden Kesseloberflächen und oft auch die anderen dampfführenden Teile mit einer „Bedeckung“ versehen. Wenn ein separater Dampfsammler verwendet wurde, musste er ebenfalls gut isoliert werden. Die Wärmeverluste konnten beträchtliche Ausmaße annehmen. Durch eine sehr gute Kesselsisolierung konnten bis zu 18 % an Heizmaterial eingespart werden. Bei sehr gut isolierten Rohrleitungen war der Effekt noch größer. Umfang und Aufbau der Isolierung war von der Kesselbauart und Ausführung abhängig. Üblicherweise wurde der zylindrische Teil des Kessels, der Dampfdom und die großen dampfführenden Leitungen abgedeckt. Wegen der hohen Temperaturen blieb die äußere Feuerbüchse häufig frei. Die Isolierung der Rauchkammer war aus technischen Gründen nicht notwendig.

Die Wirkung der Kesselsisolierung wurde durch geeignetere Isoliermaterialien im Verlauf der Entwicklung ortsveränderlicher Dampfmaschinen stark verbessert. Am Anfang der Entwicklung überzog man die Kessel, in Anlehnung an die stationären Ausführungen, mit einer Schicht aus Lehm, Erde oder Asche. Ein dünner Blechmantel verhinderte das Ablösen. Diese Art der Bedeckung hatte allerdings viele Nachteile. Da die Kesselfugen nicht immer vollständig dicht waren, löste der austretende Dampf die Schicht nach und nach auf. Gut wirksam war ein mit einigem Abstand um den Kessel gelegte Umhüllung aus Blech. Die Luftschicht verhinderte einen Großteil der Wärmeverluste. Voraussetzung war, dass keine Luftströmung auftrat, d.h. das Luftpolster musste dicht abgeschlossen sein. Wenn das nicht zu erreichen war, fütterte man den Hohlraum mit isolierenden „Abfallstoffen“ aus (Kuhhaarfiz, Torf- und Korkreste). Zur Isolierung wurden auch andere „natürliche“ Stoffe mit hohen „Luftanteilen“ eingesetzt. Mitte des 19. Jahrhunderts war als Isoliermaterial ein dicker, lockerer Filz weit verbreitet. Mit ihm konnten auch kleinere Teile (Dampfdom, Dampfleitungen etc.) leicht abgedeckt werden. Bei Versuchen mit vollständiger Bedeckung aus drei bis vier Lagen Kesselfiz ergaben sich Brennstoffersparnisse von beachtlichen 14 %. Filzisolierungen waren bis zu Temperaturen von 220° C einsetzbar. Alle Anschlüsse am Kessel sowie die Mannlöcher mussten allerdings ausgespart werden. Weiterhin verwendete man bekannte Materialien mit guter Wärmebeständigkeit und geringer Wärmeleitfähigkeit. Üblich waren Asbestplatten. Auch „Steinwolle“ und Platten aus sogenanntem Pyroisolit-Glimmer waren gebräuchlich. Die Materialien wurden direkt auf die wärmeabgebenden Flächen gelegt. Ein Blechmantel fixierte die einzelnen Lagen bzw. Stücke des Isoliermaterials. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über einige historische Isoliermaterialien. Häufig versah man die Kessel auch mit einer Isolierung aus Brettern. Im Allgemeinen wurde das Holz wegen der hohen Temperaturen und der Stufungen durch die überlappenden Nietungen und Nietköpfe nicht direkt auf das Blech gelegt, sondern auf eine Zwischenschicht bzw. auf schmale holzerne oder eiserne Reifen. Die gesamte Holzisolierung wurde durch Spannbänder gesichert. Diese „Bedeckung“ hatte den Vorteil, dass sie für Reparaturzwecke leicht entfernt werden konnte.

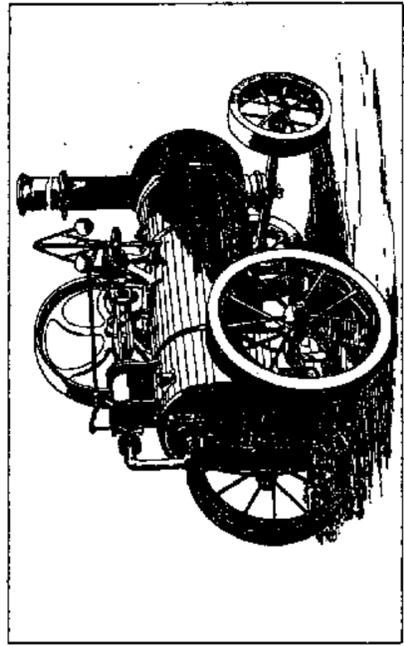


Bild 10.9/1:  
Verfahrbare Lokomobile mit einer vollständigen Kesselsisolierung aus Holz (um 1860)

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Isoliermaterials	Physikalische Eigenschaften (Wärmeleitzahl)
1	Kuhhaarfiz	0,057
2	Hanfsechstre, Hanfplatten	
3	Seidenabfall (Seidenzwirne, Seidenschwüre)	0,045 - 0,048
4	Pyrosolit-Glimmer	0,073
5	Torf und feinkörnige Korkschalen	
6	Asbest-Gummipulver (unter hohem Druck gepresst, Fa. Klingner, Gumpoldskirchen)	
7	Mennigkit	um 0,1 (meistens etwas über 0,1)
8	Kieselgurmassen (es gab sie in unterschiedlichen Qualitäten)	
9	Korkplatten	
10	Steinwolle	
11	Asbest-Kieselgurkompositionen (wird als Brei aufgetragen)	um 0,08
12	Asbestplatten (bei größerer Dicke auch als Asbestmatten bezeichnet)	
13	Asbest-Isolierschichtre	
14	Asbest-Filzplatten	
15	Gurtt-Materialien auf Kieselgurbasis (z.B. Calorit der Fa. Kälteschutz, Leoben)	
16	Patentgurt (Komposition aus luftporigem Gaslichtstaub und anderen Stoffen)	sehr gut Isolierung

Bemerkung: Einige Isoliermaterialien waren nur in Verbindung mit einem Blechmantel, bzw. einem Luftmantel mit Blechmantel einsetzbar.

In der zeitnahen Literatur verstand man unter „Wärmeleitzahl oder Wärmeleitkoeffizient“ die Wärmenenge die stündlich durch einen Würfel von 1 m Kantenlänge bei 1° C Temperaturunterschied zwischen zwei sich gegenüberliegenden Flächen übertrat.

Bild 10.9/2: Übersicht der historisch gebräuchlichen Isoliermaterialien (bis etwa 1910)

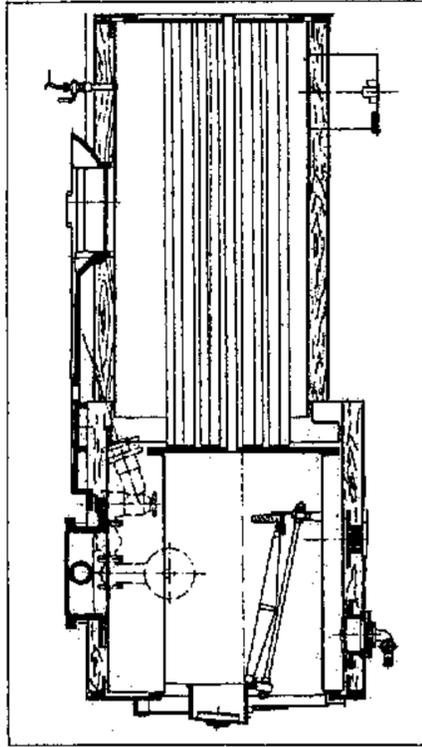


Bild 10.9/3:  
Schnitt durch den Kessel einer verfahrenbaren Lokomobile mit Isolierung aus direkt aufgelegten Holzbrettern im Schnitt (um 1865)

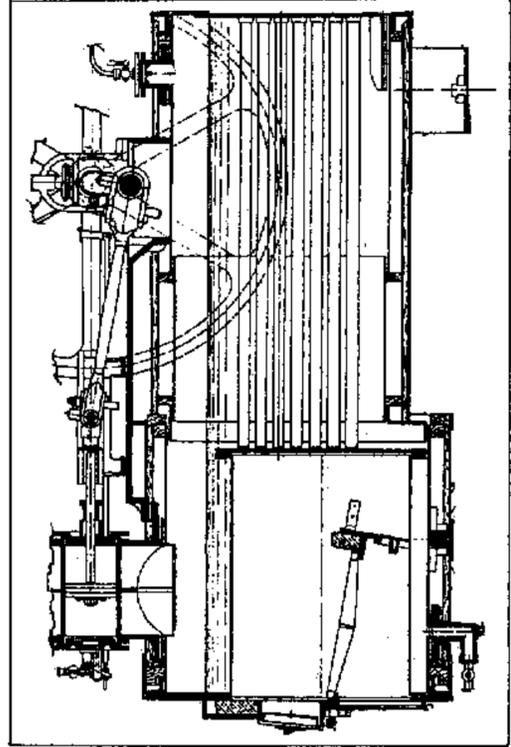


Bild 10.9/4:  
Schnitt durch den Kessel einer verfahrenbaren Lokomobile mit Isolierung aus dünnen Holzbrettern mit isolierender Luftschicht (um 1875)

werden. Das die Formgebung einen erheblichen Einfluss auf den geschäftlichen Erfolg hatte, ist am Beispiel der Prospekte einiger Maschinen zu erkennen. Die Maschinenfabriken von Henschel & Sohn und R. Wolf stellten gezielte in ihren Verkaufsunterlagen die funktional-ästhetische Seite ihrer Maschinen in den Vordergrund.

# HENSCHEL



Bild 10.9/5: Schnitt durch den Kessel einer verfahrbaren Heißdampf-Lokomotive mit Isolierung durch Luftpolster und Blechmantel (um 1905)

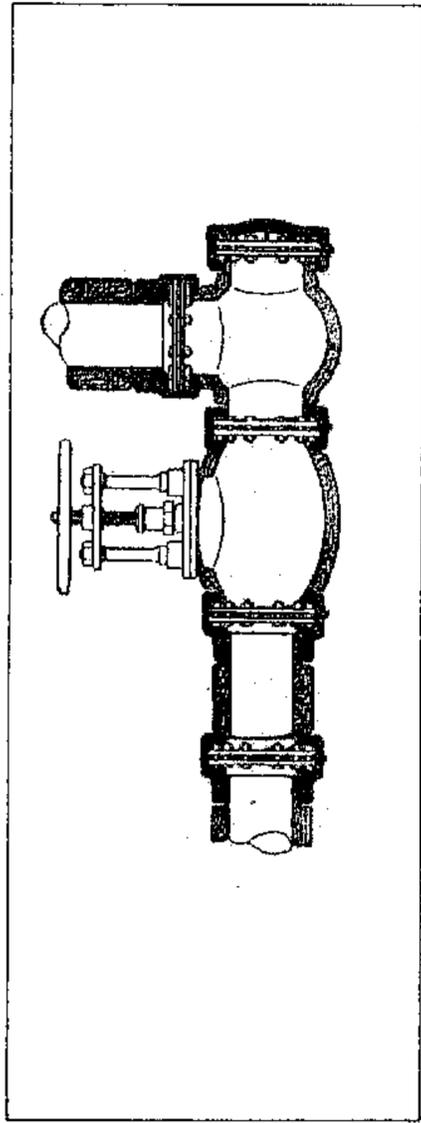
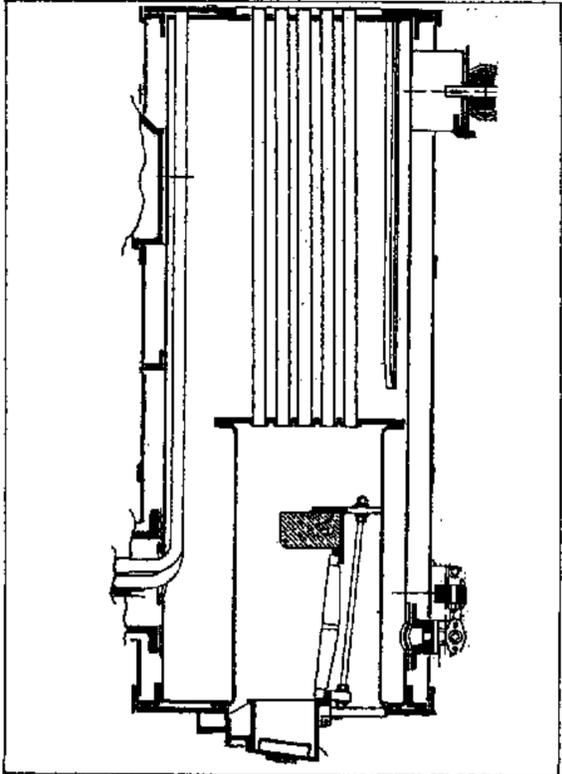


Bild 10.9/6: Beispiel einer vollständigen Isolierung einer Leitung mit Ventil an einer großen Halblokomobile mit „Patentgurtmasse“ (um 1910).

Bei den großen Industrielokomotiven, die Anfang des 20. Jahrhunderts gebaut worden sind, wurde auf eine gute Isolierung sehr viel Wert gelegt. Die Maschinen standen im Wettbewerb mit den besten stationären Anlagen und jede Möglichkeit Verluste zu minimieren wurde genutzt. Entsprechend aufwendig waren die Maßnahmen, Verluste durch Leitung und Abstrahlung zu vermeiden. In dieser Phase der Entwicklung kam noch ein anderer Aspekt bei der Maschinenausrüstung hinzu, und zwar der einer ansprechenden visuellen Erscheinung der gesamten Maschine. Die Maschinen wurden ganz bewusst unter diesen Gesichtspunkten konstruiert. Die Einflüsse bekannter Schulen und Stile des industriellen Designs waren unverkennbar. Allgemein bekannt dürften die Prinzipien der funktionalen Formgebung technischer Einrichtungen des Bauhauses in Dessau sein. Bei den Halblokomobilen führten diese Prinzipien zu glattflächigen, die wesentlichen Formelemente der Maschine betonenden „Verkleidungen“. Die Funktionen der Wärmevermeidung, der Verbesserung der Sicherheit durch die Abdeckung aller beweglicher Elemente und der Ästhetik sind zusammengefasst worden. Einige Maschinen können, auch nach heutigem Verständnis, als sehr ansprechend und im Rahmen ihrer technischen Funktion sogar als „schön“ bezeichnet

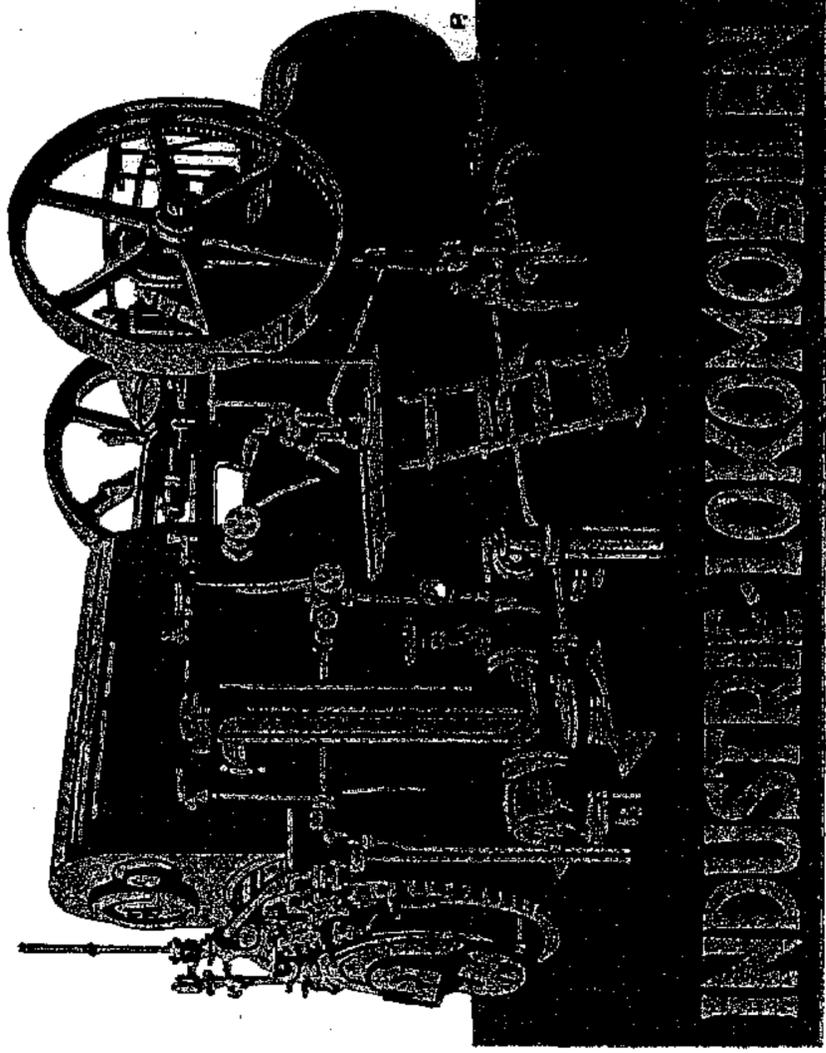


Bild 10.9/7: Titelblatt einer Verkaufsunterlage der Maschinenfabrik von Henschel & Sohn (um 1928)

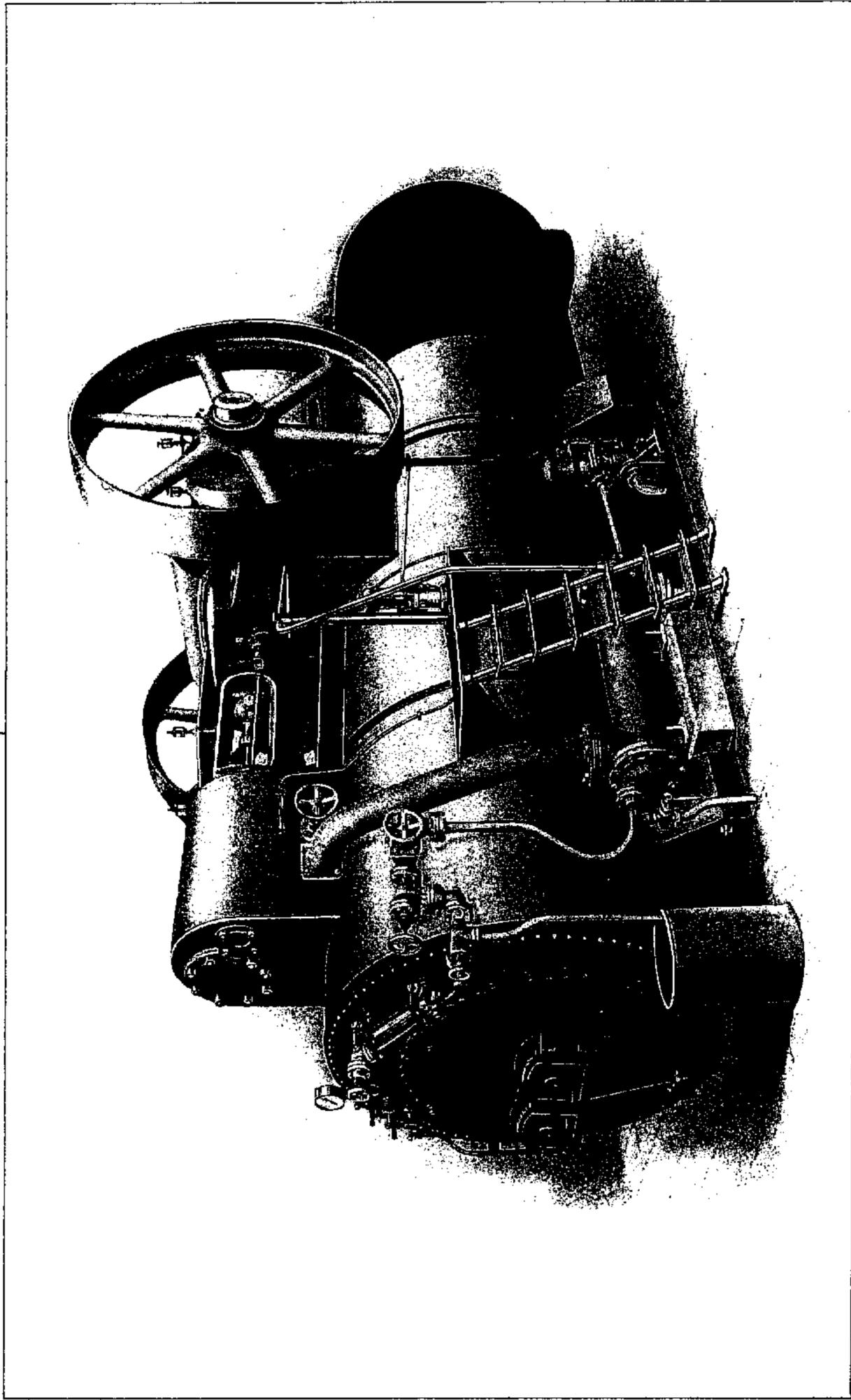


Bild 10.9/8: Vollständige Kesselisolierung und Verkleidung einer Halblokomobile der Maschinenfabrik von R. Wolf (um 1926)

## 10.10 Sicherheitseinrichtungen bei Lokomobilenkesseln

### 10.10.1 Bemerkung

Die Auswertungen der verheerenden Kesselexplosionen in der Anfangsphase des Betriebs mit Dampfmaschinen führten im Lauf der weiteren Entwicklung zu immer vollständigeren Erfahrungswerten bei der Auslegung von Dampfkesseln. Auch die Berechnungsgrundlagen bildeten immer besser die wirklichen Beanspruchungen ab und die Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe waren durch genau geführte Schmelzprozesse weitgehend reproduzierbar geworden. Behördliche Regularien und regelmäßige Abnahmen von Kesseln führten dann im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts zu einem sicher beherrschbaren Betrieb, individuelle Fehler und Fehlbedienungen ausgenommen. Als Folge dieser Vorgeschichte konzentrierten sich die Bemühungen zur Erhöhung der Sicherheit beim Betrieb mit Lokomobilen fast ausschließlich auf die Dampfkessel. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts verminderte man durch geeignete Sicherheitseinrichtungen (Schutzverkleidungen, „Notabschaltungen“, Schutzgitter an Riementreiben etc.) systematisch die weiteren Unfallrisiken.

Der Betrieb der Lokomobilenkessel war mit einigen Gefahren verbunden, die durch entsprechende Einrichtungen zumindest reduziert werden konnten. Ein Teil der Betriebsrisiken konnte allerdings durch technische Mittel nicht vermieden werden. Ebenso wichtig wie die Sicherheitseinrichtungen war die Qualifikation der bedienenden Personen.

Aus diesen Betriebserfahrungen entstanden Regularien speziell für den Betrieb von Lokomobilen. Diese behördlichen und z.T. maschinenbezogenen Vorschriften waren regional unterschiedlich. Erst später entstanden daraus gesetzliche Regelungen mit allgemeingültigen Anforderungen für einen Mindestumfang an zu installierenden Sicherheitseinrichtungen. Aus den Betriebserfahrungen resultierten aber nicht nur Vorgaben für „aktive“ Sicherheitseinrichtungen, sondern auch Vorgaben für „vorbeugende“ Maßnahmen. Es war eine wichtige Erkenntnis, dass einige Betriebsrisiken durch noch so gute Sicherheitseinrichtungen nicht zu beseitigen waren. Sie konnten nur durch regelmäßige, vorbeugende Wartungen und Instandsetzung vermieden werden. Für diese Wartungsarbeiten waren ebenfalls technische Einrichtungen an den Kesseln erforderlich, die bei der Auslegung berücksichtigt werden mussten. Folgende „Risikobereiche“ konnten unterschieden werden:

#### 1. Risikobereich „Kesselexplosionen“

Das größte Gefahrenmoment mit den schlimmsten Auswirkungen für Personen und Güter waren Kesselexplosionen. Ursächlich dafür waren sowohl Materialfehler, falsche Kesselauslegung und ungenügende Kenntnis der Betriebsbedingungen als auch Unkenntnis und Fehlverhalten der Maschinenführer. Das Bewusstsein für die Gefahren der neuen Technik musste erst wachsen. Zu den Sicherheitseinrichtungen zur Vermeidung von Kesselexplosionen bei Lokomobilen gehörten:

1. Sicherheitsventil,
2. Wasserstand,
3. Probierhähne,
4. Manometer,
5. ggf. Schmelzsicherungen im Feuerraum,
6. ggf. Speiserufer,
7. Dampf-Absperrorgane,
8. ggf. Rohrbruchventile.

#### 2. Risikobereich „Brandgefahr“

Insbesondere bei den üblicherweise verwendeten festen Brennstoffen bestand durch die offene Rostfeuerung eine erhebliche Brandgefahr. Die größte Gefahr ging von glühenden,

festen Partikeln im Rauch aus (Funken), die unkontrolliert durch den Kamin abzogen und zur Entzündung von umliegenden Materialien oder ganzen Gebäuden führen konnten. Diese Gefahr war stark vom verfeuerten Brennmaterial abhängig. Sie war besonders groß bei Holz- und Stroffeuerungen. Die Witterungsverhältnisse hatten ebenfalls einen Einfluss. Aber auch entleerte Asche aus dem Aschenkasten konnte zur Gefahr werden, wenn sie nicht vollständig nach Arbeitende gelöscht worden war. Zur Vermeidung dieser Gefahren kamen als Sicherheitseinrichtungen in Frage:

1. Funkenfänger,
2. Aschelöcher.
3. Risikobereich „Explosionsgefahr bei Feuerungen mit Gasen“  
Gasfeuerungen gab es in einigen Fällen bei Halblokomobilen und Klein-Dampfmaschinen (Hausmaschinen u.ä.). Explosionsgefahr durch Knallgasbildung bestand vornehmlich beim Zünden der Gasbrenner. Es musste für gute Raumbelüftung gesorgt werden. Bei plötzlicher Unterbrechung der Gaszufuhr musste die Flamme erlöschen. Bei kurzzeitiger Unterbrechung gab es Einrichtungen, die den Brenner unter günstigen Umständen wieder erneut zündeten. Wenn längere Zeit Gas ohne Flamme aus dem Brenner strömte, musste die Gaszufuhr durch eine selbsttätige Einrichtung automatisch gesperrt werden.

#### 4. Risikobereich „ungenau Betriebsinformationen“

Beim Betrieb Lokomobile gab es Situationen, in denen sehr schnell Informationen unter den arbeitenden Personen ausgetauscht werden mussten. Insbesondere in der Landwirtschaft gab es bei Hof- und auch Feldarbeiten Arbeitssituationen, bei denen ein Informationsaustausch unmissverständlich und sicher über größere Entfernungen erfolgen musste. Wenn Lokomobilen beispielsweise als Antriebsmaschinen für Windenapparate bei der Dampf-Bodenkultur eingesetzt wurden, mussten die Informationen zwischen der Lokomobile und den Personen am Arbeitsgerät übermittelt werden. Die Entfernungen waren recht groß und am Ende einer Furche musste der Seilzug sicher unterbrochen und die Zugrichtung am Windenapparat gewechselt werden. Zu den Einrichtungen zur Übermittlung von Betriebsinformationen gehörten:

1. Signalpfeifen,
2. Signalklappen u.ä.

Die Signalpfeifen waren kesselfeste Einrichtungen mit Schnellöffnungsventilen. Für bestimmte Einsatzfälle waren mehrere Signalpfeifen mit unterschiedlicher Tonlage üblich.

#### 5. Risikobereich „allgemeine Unfallgefahren“

Bei Lokomobilenkesseln waren primär Verletzungen durch Verbrennungen bei Personen zu beklagen. Heiße Partien am Kessel waren zumeist abgedeckt. Die Beschickung des Kessels mit Brennmaterial machte allerdings das Arbeiten an sehr heißen Teilen des Feuergeräts (Klappen, Riegel usw.) notwendig. Auch die Betätigungselemente an Hähnen und Ventilen wurden sehr heiß.

Kritischer waren Verbrennungen durch Verbrühen mit Dampf, insbesondere wenn der Dampfaustritt unverhofft erfolgte. Besonders die Brüche von Wasserstandsgläsern (z.B. durch Unachtsamkeit bei der Kesselbeschickung) führten oft zu schlimmen Verbrühungen. Zwar besaßen die Wasserstandsanzeigen Absperrhähne, aber bis der Dampf- bzw. Wasseraustritt gestoppt werden konnte verging einige Zeit. In den 1870 Jahren kamen die ersten Wasserstandsanzeigen mit selbsttätigen Verschlussmechanismen in Gebrauch.

#### 6. Risikobereich „allgemeine Kesselfekte“

Auch im regulären Betrieb konnten am Kessel Schäden auftreten, die zu einer Gefahr für die Arbeitspersonen werden konnten. Das Versagen eines Kessels zeigte sich nicht nur in einer

Kesselexplosion. Sehr viel häufiger waren Undichtigkeiten. Im Wasserraum machten sie sich deutlich durch Leckagen bemerkbar. Die Bedienpersonen konnten rechtzeitig reagieren. Undichtigkeiten im Dampfraum waren insbesondere in Bereichen mit überhitztem Dampf schwer zu sehen. Die Verbrennungsgefahren waren hoch. Kritisch waren alle Undichtigkeiten im Bereich der Feuerbüchse. Besondere Einrichtungen zur Vermeidung dieser Gefahren gab es nicht. Eine gute Unterweisung des Bedienpersonals musste reichen. Ende des 19. Jahrhunderts waren regelmäßige, systematische Prüfungen der Kessel gesetzlich vorgeschrieben (Dampfkesselverordnungen etc.).

#### 7. Risikobereich „Bedien- und Überwachungsfehler, Fehlverhalten“

Im den überwiegenden Fällen waren die vorab genannten Sicherheitseinrichtungen zur Vermeidung von großen Schäden an Personen und Sachen ausreichend. Sie waren allerdings nicht alle am Anfang der Lokomobilentwicklung an den Maschinen vorhanden. Einen erheblichen Einfluss auf die Betriebsrisiken bei Lokomobilen hatte auch die Einstellung der arbeitenden Personen zur Sicherheit. In den frühen Einsatzphasen war, trotz Unterweisung, das Bewusstsein für die Gefahrenpotentiale der Dampftechnik nicht vorhanden. Man ging sehr unbekümmert mit der Technik um. Das ist nicht verwunderlich, da die Bedienpersonen beispielsweise beim Einsatz von Lokomobilen in der Landwirtschaft größtenteils aus dem vorhandenen Landarbeiterstamm rekrutiert wurden. Wenn die Leistung der Maschine nicht ausreichte, intensiviert man einfach die Feuerung und erhöhte den Dampfdruck. Wenn die Sicherheitsventile ansprachen, stellte man sie höher oder blockierte sie ganz. Als man später zu genaueren Einweisungen mit einzeln aufgeführten Strafen für bestimmtes Fehlverhalten übergang, war auch die schriftliche Bestätigung deren Einhaltung durch die Arbeitspersonen nicht immer ein Garant, dass sie auch befolgt wurden. In der Landwirtschaft war Lokomobilarbeit Saisonarbeit. Saisonarbeit war im Allgemeinen Akkordarbeit. Der Zeitdruck war groß und ein guter Verdienst war nur durch maximale Nutzung der Maschinen erreichbar. Wenn die Kraftmaschine das schwächste Glied war, musste entsprechend „nachgeholfen“ werden. Es ist außerordentlich interessant, sich einzelne Betriebsanweisungen anzusehen. Die aufgeführten Fälle von Fehlverhalten und die angedrohten Strafen lassen auf einen sehr „kreativen“ Umgang mit der Dampftechnik durch die Bedienpersonen schließen.

#### 8. Risikobereich „Wartungsfehler“

Auch bei bester Betriebsführung und Beachtung aller Vorschriften waren einige Gefahren nicht zu erkennen. Der Lokomobilkessel musste regelmäßig außer Betrieb genommen und vollständig entschlammt und entleert werden. Durch entsprechende Mannlöcher, Wartungsöffnungen konnte dann eine Begutachtung kritischer Kesselbereiche durchgeführt werden. Lokale Deformationen durch Überhitzungen, Materialminderungen etc. waren auf andere Weise nicht zu erkennen.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Sicherheitseinrichtungen an Lokomobilenkesseln im Detail erläutert.

#### Anmerkung:

Bei den Einrichtungen an Dampfkesseln wurde historisch unterschieden in „grobe Armaturen“ und „feine Armaturen“. Zu den groben Armaturen zählten: Mannloch und Deckel, Käsefüße, Schlammlöcher und deren Verschlüsse, das Feuerschränk einschließlich Rahmen, Feuer- und Aschefälltüren, Roststäbe und Rostbalken. Zu den feinen Armaturen zählten: Sicherheitseinrichtungen, Speiseapparate, Absperreinrichtungen und Alarmvorrichtungen.

### 10.10.2 Sicherheitsventile

Ein Lokomobilenkessel war für einen bestimmten Betriebsdruck ausgelegt. Bei der Auslegung wurden entsprechende Sicherheiten eingearbeitet, sodass bei mäßiger Drucküberschreitung es nicht zum Ausfall des Kessels kommen konnte. Bei der behördlichen Abnahme wurde am betriebsbereiten Kessel geprüft, ob er dem vorgesehenen Druck standhielt. Das geschah durch eine Wasserdruckprüfung mit einem über dem Nenndruck liegenden Wert. Die Einzelheiten waren in den jeweiligen gesetzlichen Vorschriften geregelt. Sie waren von Land zu Land unterschiedlich und auch vom historischen Kenntnisstand abhängig. Der behördlich zugelassene Druck war deutlich sichtbar am Kessel angebracht. Um unter allen Umständen eine Schädigung des Kessels auszuschließen, mussten entsprechende Sicherheitsventile vorhanden sein. Wurde der zulässige Druck überschritten, sprachen sie an. Der Dampf entwich an einer Stelle, an der eine Gefährdung von Personen ausgeschlossen war, im Allgemeinen an den höchsten Stellen des Dampfraums. Das Verändern des eingestellten Drucks durch die Bedienpersonen stand unter Strafe. Gesetzlich vorgeschrieben waren, je nach Maschine und dem technischen Stand der Zeit, ein bzw. zwei Ventile. Verfahrbare Lokomobilen besaßen zumeist zwei unabhängig voneinander arbeitende Sicherheitsventile. Sie waren aus Sicherheitsgründen so ausgelegt, dass jedes Ventil für sich im normalen Betrieb theoretisch ein Mehrfaches der sich entwickelnden Dampfmenge ableiten konnte und der Dampfdruck beim Abblasen dabei höchstens den behördlich genehmigten Druck um 1/10 überstieg. In der Praxis sah das allerdings anders aus. Es gab, je nach Hubhöhe bei Auslösung des Ventils, zwei Ausführungen: Niederhubventile und Hochhubventile. Niederhubventile öffneten nur so weit, wie es die Gleichgewichtsbedingungen aus Kesseldruck, Ventilquerschnitt und Gegenkraft (Gewicht, Feder) ergaben. Der geringe Hub bei diesen Ventilen, etwa 2,5 bis 3,5 mm, konnte zu einem Problem werden. Der geringe Abblasquerschnitt genügte bei sehr intensiver Feuerung nicht immer, um einen Druckanstieg im Kessel zu verhindern. Zur Abschätzung des notwendigen Ventilquerschnitts bei Niederhubventilen gab es unterschiedliche Formeln. Ihre Ergebnisse waren nur bedingt vergleichbar. Zeitbezogen üblich waren „zugesschnittene Großengleichungen“, die auf Erfahrungen beruhten. Ein Beispiel für die Auslegung eines Ventils mit geringem Hub nach einer gesetzlichen Regelung vom Dezember 1908 ist in der folgenden Formel wiedergegeben:

$$F = 15 H \sqrt{1000 / (p c)}$$

F - Ventilquerschnitt (in mm<sup>2</sup>)  
 H - Heizfläche (in m<sup>2</sup>)  
 p - Überdruck (in atm)  
 c - spezifisches Gewicht des Dampfes (in kg/cbm) beim Überdruck p.

Ende des 19. Jahrhunderts kamen vermehrt Hochhub-Sicherheitsventile (sie wurden auch Vollhub-Sicherheitsventile genannt) in Gebrauch, die beim Abblasen fast den gesamten Ventilquerschnitt öffneten. Sie hatten den Vorteil, dass sie sicher jede Dampfmenge abblasen konnten, auch bei intensivster Feuerung. Bei ihnen betrug der Hub bis zu 1/4 des Ventildurchmessers. Der Ventilquerschnitt konnte bei diesen Ventilen im Vergleich zu Niederhub-Ventilen um mehr als die Hälfte geringer gewählt werden. Für die Ermittlung des Ventilquerschnitts bei Hochhub-Ventilen galt die Formel:

$$F = 5 H \sqrt{1000 / (p c)}$$

Es gab sehr viele unterschiedliche Ausführungen bei Sicherheitsventilen. Am Anfang der Entwicklung verwendete man oft gewichts- oder federbelastete Tellerventil mit Lasthebeln, später Ventile mit zentrischer Federbelastung. Bei federbelasteten Hebelventilen konnte der

eingestellte Auslösedruck des Ventils an einer Skala am Zugstab oder am Federgehäuse abgelesen werden. Um eine sichere Funktion bei Tellerventilen zu erreichen, musste die dichtende Ringfläche sehr schmal gehalten werden. Üblich war 1 bis maximal 2 mm. Die Ventile besaßen gegen unerlaubte Veränderung des eingestellten Drucks entsprechende Verriegelungen bzw. Plombierungen. Im Betrieb musste die Funktion der Sicherheitsventile regelmäßig überprüft werden, beispielsweise durch Anheben des Lasthebels.

Bei verfahrbaren Lokomobilen kamen im Allgemeinen einfache Niederhub-Sicherheitsventile mit Federbelastung (Federwaage) oder Gewichtsbelastung zum Einsatz. Bei federbelasteten Ventilen war sowohl eine indirekte Belastung durch eine Feder an einem Hebelarm verbreitet als auch eine direkt auf den Ventilteller wirkende Federkraft. Gewichtsbelastete Ventile arbeiteten immer indirekt. Bei Halblokomobilen kamen auch andere Bauarten zum Einsatz.

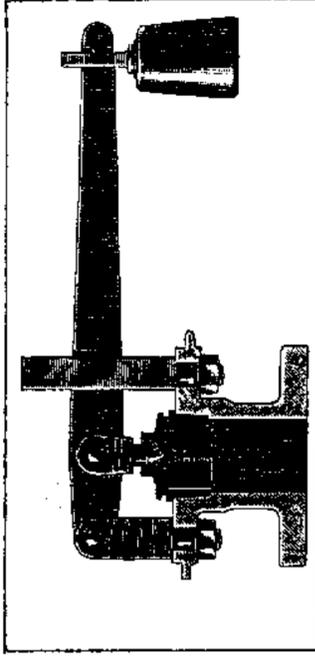


Bild 10.10.2/1:  
 Offenes Niederhub-Sicherheitsventil mit Lasthebel und Gewichtsbelastung (Flanschbefestigung, vertikaler Abblas, um 1900)

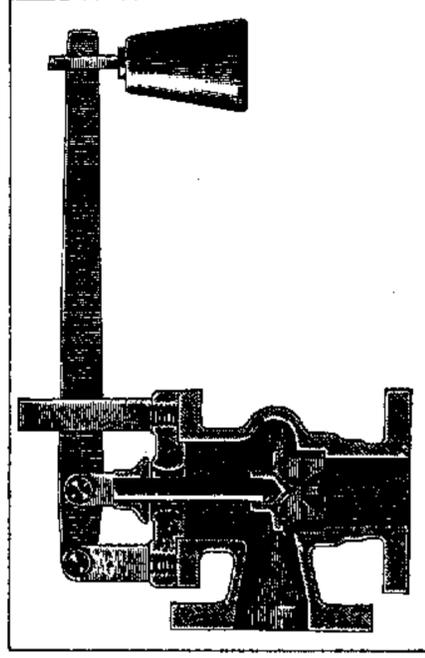


Bild 10.10.2/2:  
 Geschlossenes Niederhub-Sicherheitsventil mit Lasthebel und Gewichtsbelastung (Flanschbefestigung, Eckventil, horizontaler Abblas, um 1900)

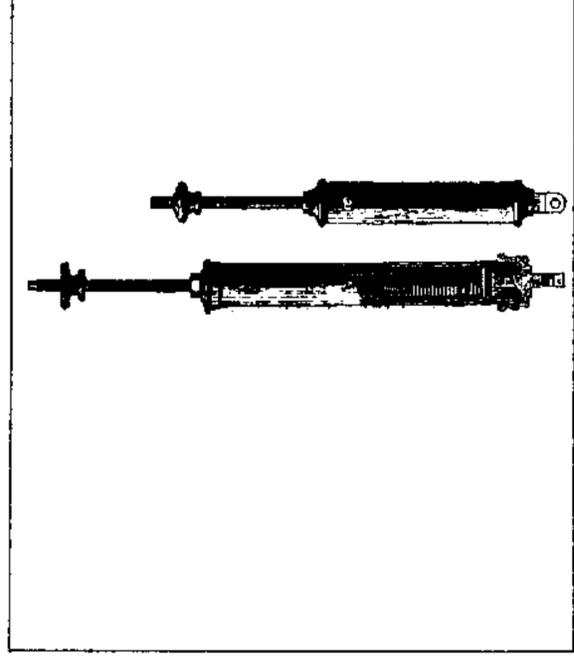


Bild 10.10.2/3:  
 Federwaage für ein Niederhub-Sicherheitsventil mit Lasthebel

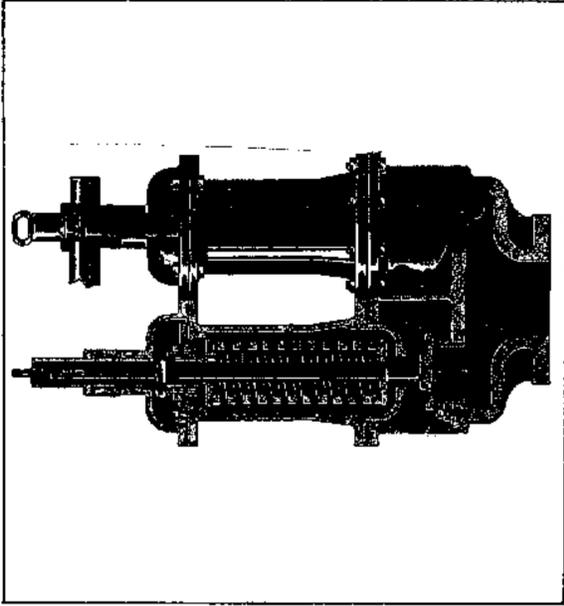


Bild 10.10.2/4:  
Doppeltes Niederhub-Sicherheitsventil  
mit zentraler Federbelastung für  
eine Halblokomobile

Bei Hochhub-Sicherheitsventilen war beispielsweise oberhalb des eigentlichen Ventiltellers noch ein mit ihm verbundener ringförmiger Teller angebracht, der mit dem Gehäuse eine Ringkammer bildete. Bei geringer Drucküberschreitung hob sich das Ventil nur ein wenig und warnte durch das Geräusch den Heizer. Wurde der Überdruck größer, so stieg der Druck in der Ringkammer und das Ventil hob sich stärker bzw. ganz. Es gab auch Hochhub-Sicherheitsventile, die nicht den statischen Druck nutzten, sondern dynamische Effekte des ausströmenden Dampfes.

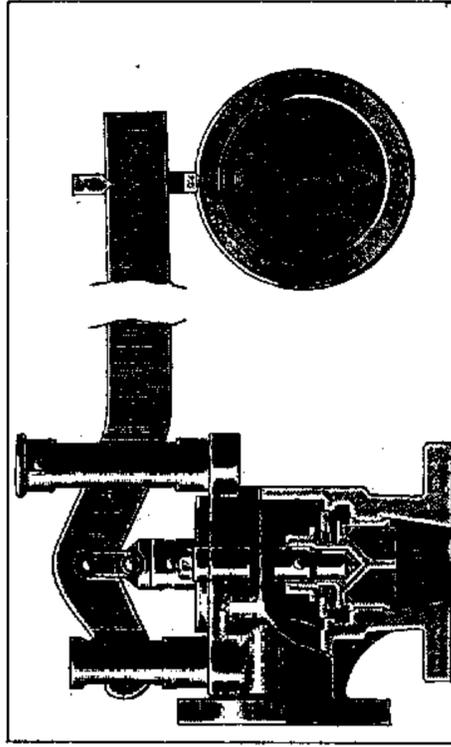


Bild 10.10.2/5:  
Hochhub-Sicherheitsventil  
mit Gewichtsbelastung  
(Maschinenfabrik  
Schäffer & Budenberg,  
Magdeburg-Buckau, um 1900)

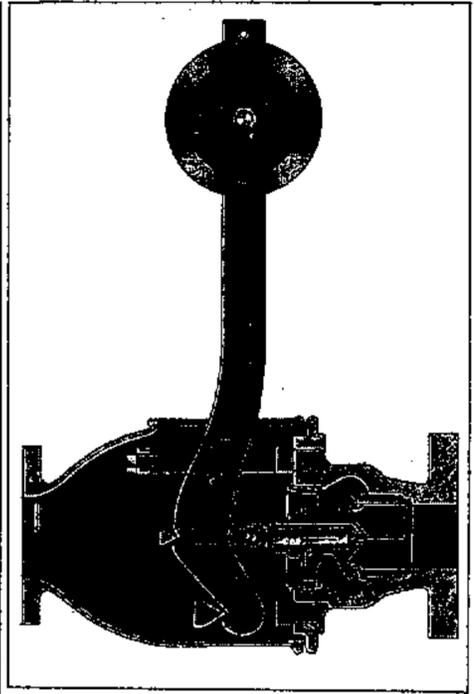


Bild 10.10.2/6:  
Hochhub-Sicherheitsventil mit  
Gewichtsbelastung und Nutzung  
Der Strahlwirkung des Dampfes,  
die konkave Form des Ventiltellers  
verstärkt die Strahlwirkung  
(Armaturenfabrik Dreyer,  
Rosenkranz & Droop,  
Magdeburg-Buckau, um 1900)

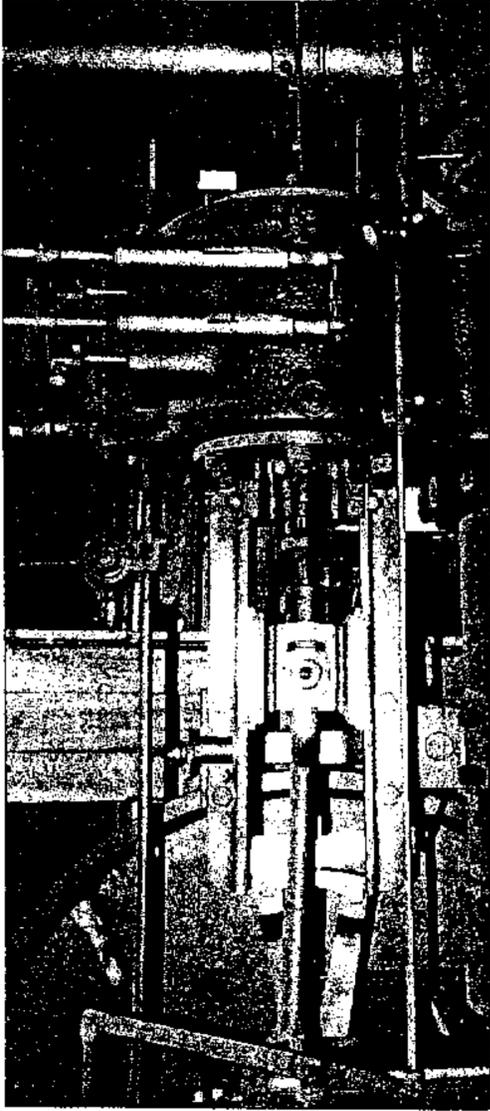


Bild 10.10.2/7: Doppeltes Sicherheitsventil mit Federwaagen am Zylinder einer Lokomobile  
(um 1920)

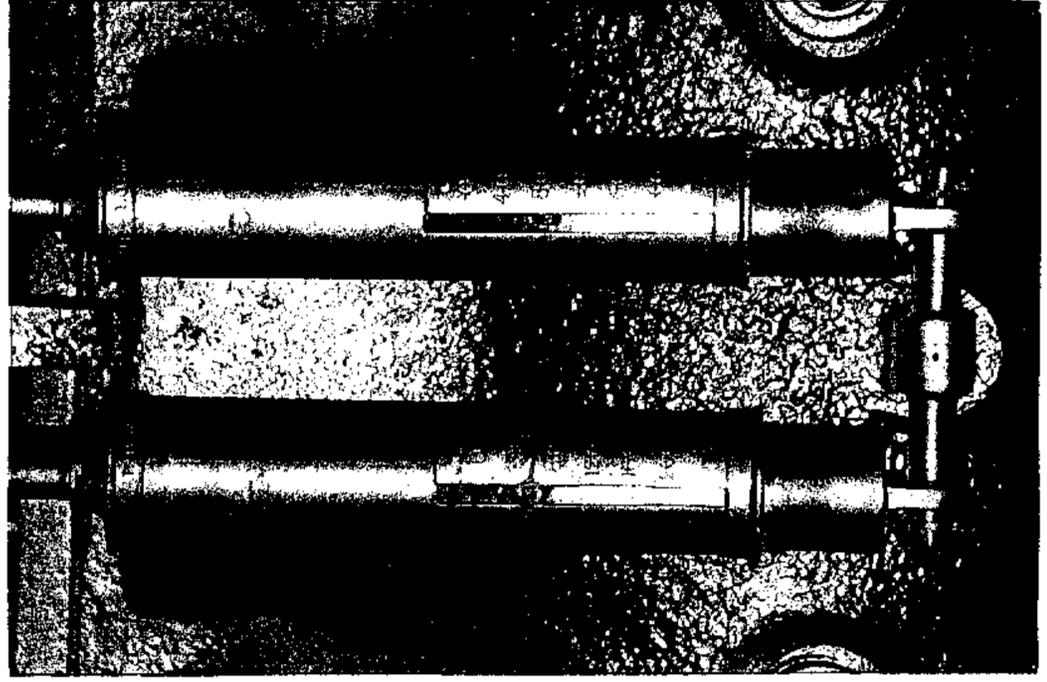


Bild 10.10.2/8:  
Federwaagen im Detail

### 10.10.3 Wasserstandsanzeiger

Der Wasserstandsanzeiger, auch Wasserstandsglas oder kurz Wasserstand genannt, zeigte von außen sichtbar den aktuellen im Kessel vorhandenen Wasserstand an. Wasserstandsanzeiger waren eine der wichtigsten Sicherheitseinrichtungen am Kessel. Es wurde empfohlen, den Kessel mit zwei Wasserständen zu versehen (bei Schiffskesseln war das Vorschrift). Wenn doppelte Anschlüsse am Kessel nicht vorhanden waren wurden sogenannte „Doppel-Wasserstandsanzeiger“ eingesetzt. Nach den Dampfkesselbestimmungen für das Deutsche Reich vom 5. August 1890 wurde aus der Empfehlung eine Verpflichtung. Die Kessel mussten mit einem Wasserstandsglas und einer „zweiten geeigneten Einrichtung zur Erkennung des Wasserstandes“ ausgerüstet sein. Zum Anschluss an den Kessel dienten zwei Kesselanschlüssen, die mit hinreichendem vertikalem Abstand direkt am Kessel befestigt waren. Meist diente ein gläsernes Sichtglas zur Anzeige des Wasserstandes im Kessel. Zwischen zwei am Sichtglas befindlichen Markierungen, dem oberen und unteren Wasserstand, durfte sich im Betrieb der Wasserstand bewegen. Der obere und untere Wasserstand im Kessel wurde ferner durch gut sichtbare Markierungen außen am Kessel gekennzeichnet. Diese Marken waren aus Sicherheitsgründen fest am Kessel angebracht oder eingearbeitet. Bei zu niedrigem Stand bestand die Gefahr, dass beispielsweise Teile der inneren Feuerbüchse nicht mehr vom Wasser umschlossen waren, sie überhitzen und konnten vom Dampfdruck deformiert werden. Bei zu hohem Wasserstand wurde der Dampfraum zu klein. Beides konnte zu Kesselexplosionen führen. Der untere Wasserstand musste über der höchsten Stelle der Decke der Feuerbüchse liegen. Die beiden Anschlüsse des Wasserstands, die Wasserstandsköpfe, waren durch Sperrhähne gesichert. Der obere mündete in den Dampfraum und wurde als Dampfhaahn bezeichnet. Er besaß kesselseitig einen Absperrhahn, eine Stopfbuchse zur Abdichtung des Glasrohres, oben eine Verschlusschraube zum Auswechseln des Schauglases bei Beschädigung und vorne eine Verschlusschraube zur Reinigung. Der untere Kopf wurde als Wasserhaahn bezeichnet. Er ging in den Wasserraum. Er war ähnlich aufgebaut wie der obere, besaß aber zusätzlich einen unteren Hahn, der zum Ausblasen des Wasserstands genutzt werden konnte, den sogenannten Ausblashahn. Falls das Sichtglas barst wurde der unkontrollierten Austritt von heißem Wasser bzw. Dampf durch die kesselseitigen Hähne unterbrochen. Als Wasserstandsgläser kamen nur hitzebeständige Spezialgläser in Frage (z.B. von der Firma Schott in Jena). Ein Bruch des Sichtglases konnte folgende Ursachen haben:

- ungeeignetes Material des Glasrohres,
- verspannte Montage durch nicht fluchtende Aufnahmen für das Glasrohr,
- Formveränderung des Kesselbodens im Betrieb,
- Enden des Glasrohres nicht abgeschmolzen (es neigten dann zum Splittern),
- Abschreckung des Glases durch starke Zugluft, zu schnelles Anwärmen im Betrieb,
- zu hohes Anzugsmoment der Stopfmutter, Alterung u.a.m.

Im Betrieb waren beide Sperrhähne vollständig geöffnet. Der Wasserstand war als kommunizierende Röhre geschaltet. Von der richtigen Funktion des Wasserstandes war ganz wesentlich die Sicherheit des Kessels abhängig. Die Anschlüsse des Wasserstandes zum Kessel neigten im Betrieb zum Verstopfen. Eine genaue Anzeige des Wasserstandes im Kessel war dann unmöglich. Der Wasserstand musste regelmäßig (mehrmals täglich) mit Dampf ausgeblasen werden. Dazu wurde der Ausblashahn geöffnet und danach der Dampf- bzw. Wasserhaahn aufgedreht. Um Täuschungen über die Lage des Wasserstandes auszuschließen musste die Verbindung zwischen dem Kessel und den Hahnköpfen durchgängig sein. Es war gesetzlich vorgeschrieben, dass die Bohrung in den Hähnen gerade in Richtung Kessel durchstoßen werden konnten. Im Betrieb stand der Wasserspiegel im Glas nicht auf einem konstanten Niveau. Durch die intensive Bewegung des Wassers im Kessel

und Druckschwankungen ging er leicht auf und ab, der Wasserstand „spielte“. Wenn das Niveau „stand“, lag meist eine Störung im Wasserstand vor. Trotz aller Hilfen war die korrekte Ablesung des Wasserstands weitgehend Erfahrungssache.

Sperrhähne im Wasserstand hatten einige Nachteile. Sie waren schwer dicht zu halten und brannten nach einiger Betriebszeit des Kessels fest. Bei neueren Wasserständen setzte man anstelle der Hähne drehbare Klappenverschlüsse oder selbstschließende Vorrichtungen ein. Als Sichtglas wurde im Allgemeinen ein Glasrohr verwendet. Der Durchmesser sollte nicht zu klein gewählt werden. Je nach Größe des Kessels und Länge des Glasrohres lag der Glasdurchmesser zwischen 12 und 20 mm. Beim Zerspringen eines Wasserstandsglases konnte es leicht zu Verletzungen des Maschinisten kommen. Schutzvorrichtungen, beispielsweise halbrunde Schutzhüllen aus Drahtglas u.a.m., verhinderten das zuverlässig.

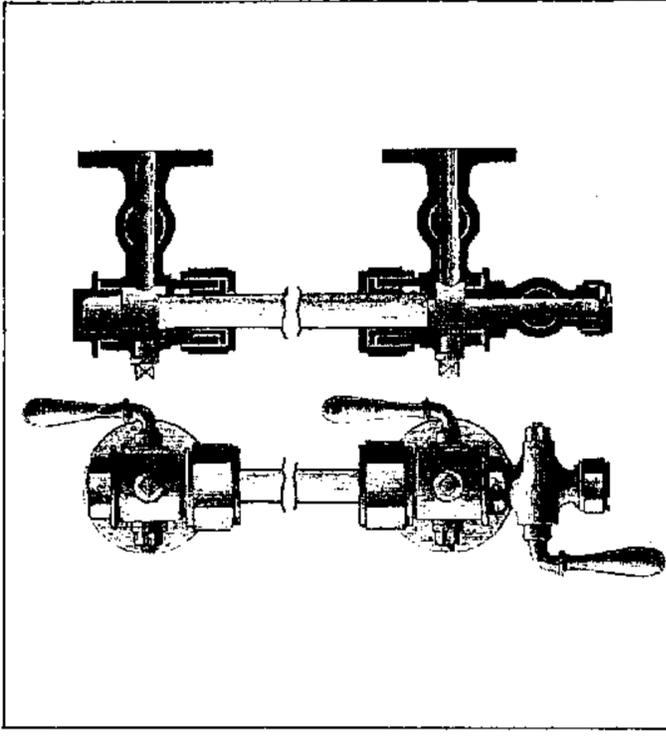


Bild 10.10.3/1:  
Wasserstandsanzeiger  
mit Flanschbefestigung  
(1890)

Das Beispiel eines Hahnkopfes mit Selbstverschluss bei Bruch des Glases zeigen die nachfolgenden Bilder. Eine um die Achse s drehbare Metallklappe k mit Dichtungsstopfen sorgte für den selbsttätigen Verschluss. Im Betrieb war die Kappe k abgehoben. Die Steilung war durch einen seitlichen Hebel mit Gewicht definiert. Bei Glasbruch drückte der Dampf- bzw. Wasserdruck die Kappe k auf einen Sitz. Zum Reinigen musste der Durchgang zum Kessel frei sein. Die Kappe k wurde dann nach oben geschwenkt. Die Durchstoßöffnung war

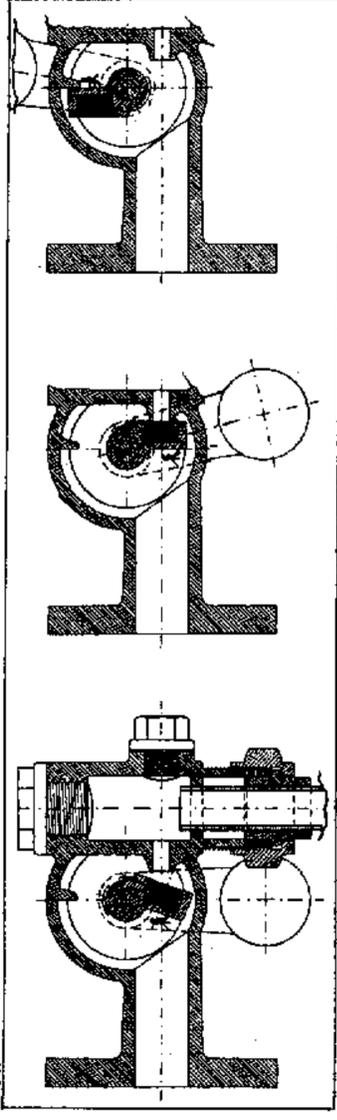


Bild 10.10.3/2: Hahnkopf mit Selbstverschluss

Die Ablesung des Wasserstands in einem freiliegenden Glasrohr mit recht kleinem Durchmesser war schwierig. Anfang des 20. Jahrhunderts kamen Wasserstandsanzeiger mit flachen Gläsern in Gebrauch, deren innenliegende Glasfläche durch eine kleinprismatische Oberfläche das Licht reflektierte und damit eine bessere Ablesung ermöglichten. Die übliche Bezeichnung für diese Einrichtung war „Reflexionswasserstand“.

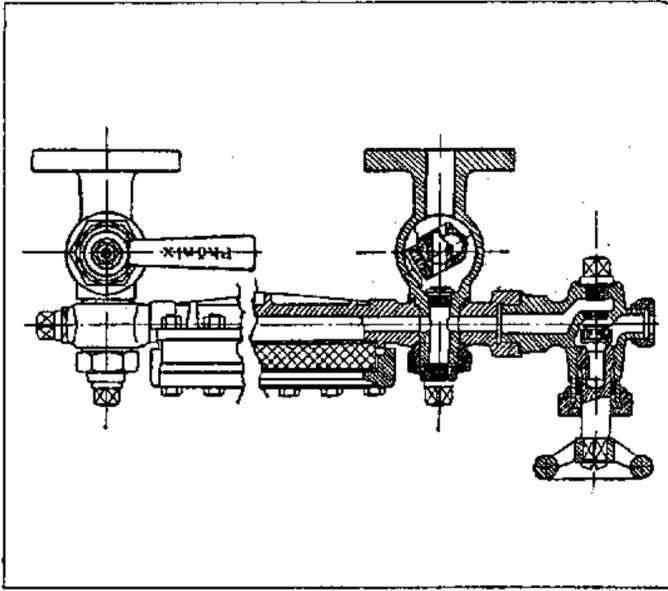


Bild 10.10.3/3:  
Wasserstand mit Reflexionsanzeige  
und Flanschbefestigung.  
Ausführung „Phönix“  
(Fa. A. Meyer, Frankfurt a.M., um 1928)

Einen anderen Weg zur Verbesserung der Anzeigesicherheit bei Wasserständen ging die Apparatefabrik von Richard Schwartzkopf aus Berlin. Der Anschluss zum Kessel bestand aus einem randverstärkten Längsschlitz, durch den das Kesselwasser freien Zutritt zum Anzeigeglas hatte. Der Längsschlitz hinter dem Glas war schmal und mit einer reflektierenden Schicht belegt. Dadurch wurde die Ablesbarkeit zusätzlich verbessert. Die Hähne dienten nur zum Absperren beim Glaswechseln und zur Reinigung. Beides konnte im laufenden Betrieb vorgenommen werden.

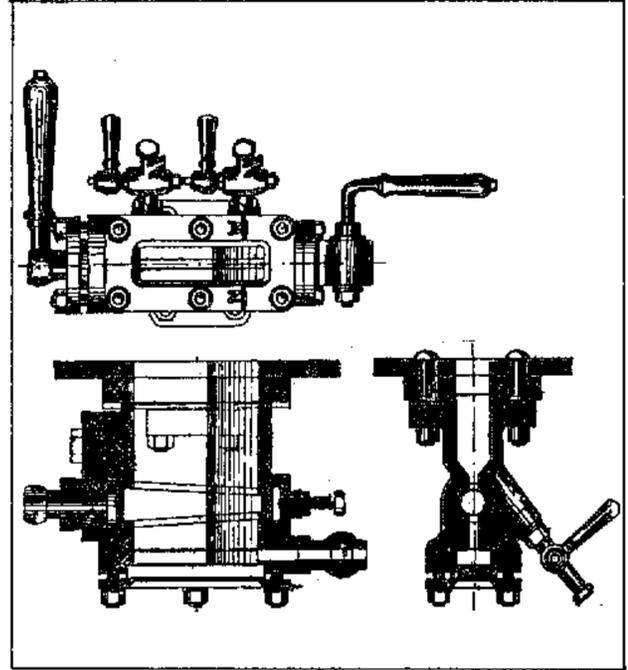


Bild 10.10.3/4:  
Wasserstand mit  
Schlitzanschluss am Kessel  
(Apparatefabrik R. Schwartzkopf,  
Berlin (1904))

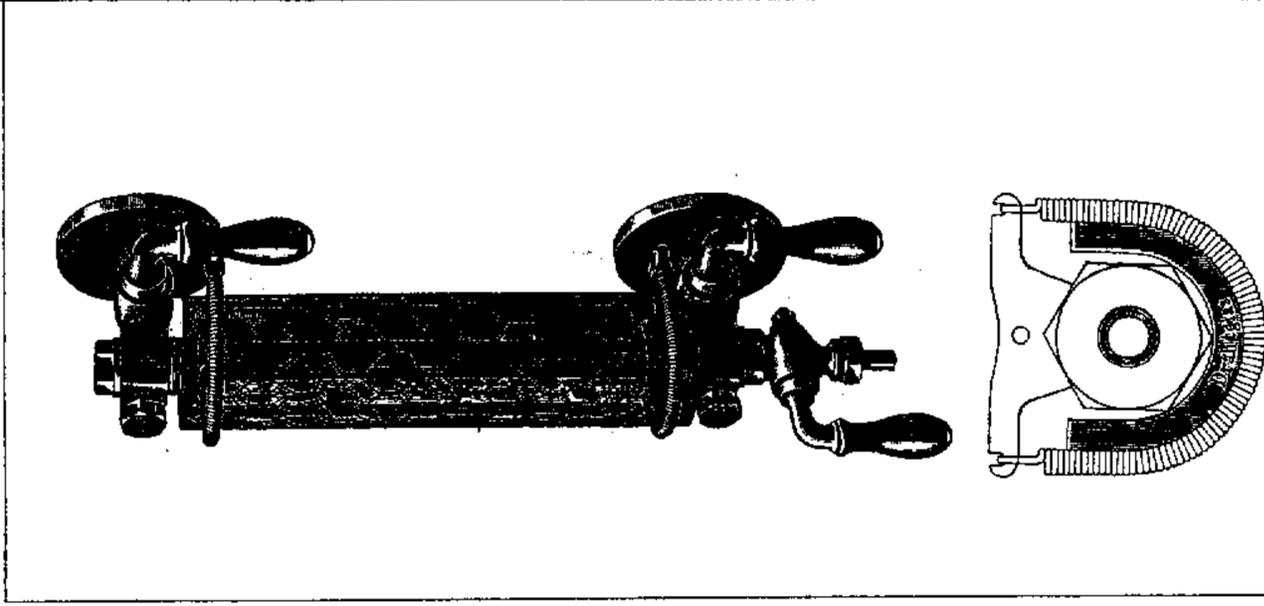
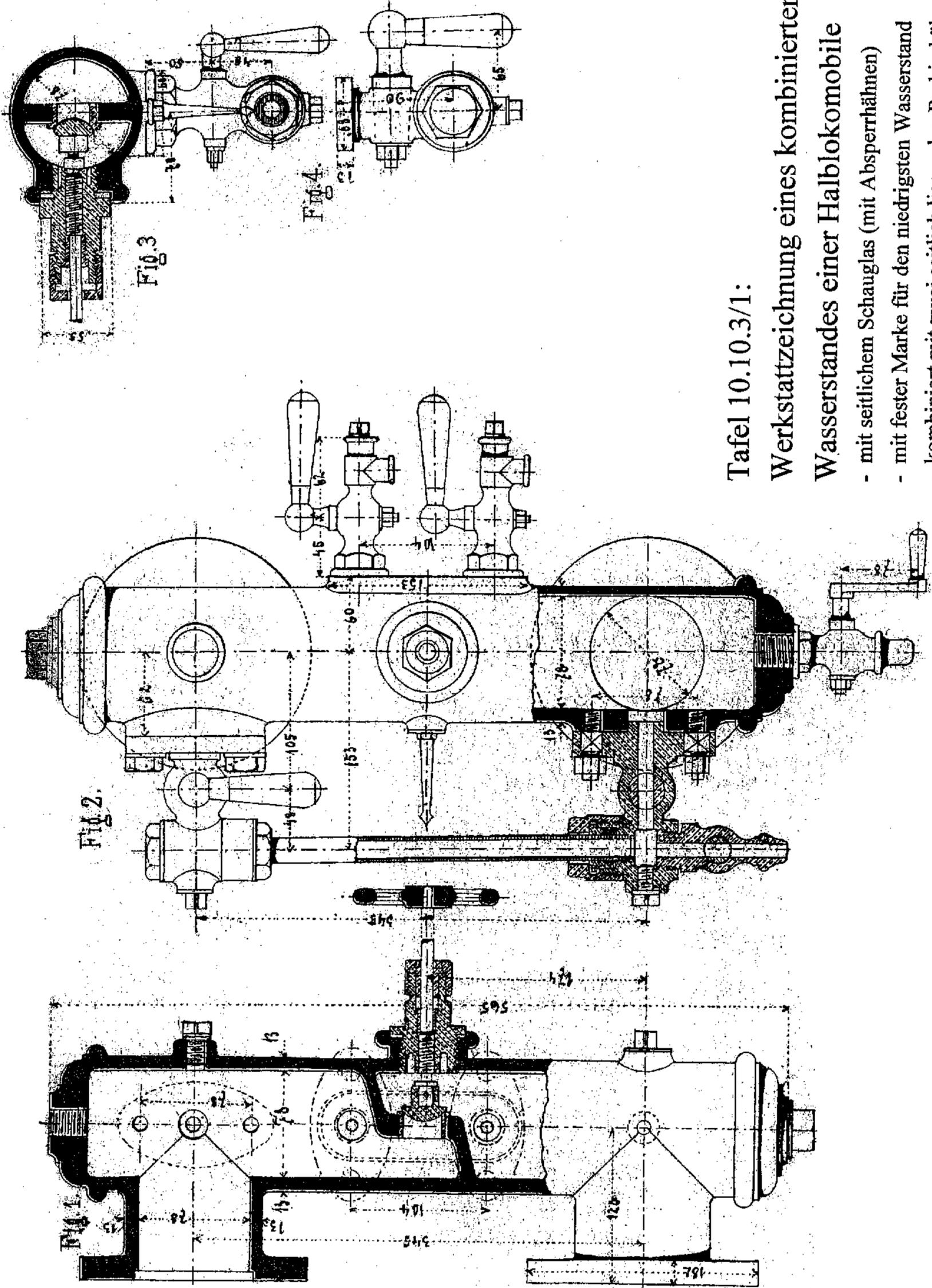


Bild 10.10.3/5:  
Schutz eines Wasserstandsglases  
mit Drahtglas-Schutzhülse (um 1900)

Anmerkung  
Man bezeichnete Wasserstandsanzeiger mit selbsttätig schließenden Hahnköpfen umgangssprachlich auch als „Sicherheits-Wasserstände“. Es gab die unterschiedlichsten Systeme: mit Kugelventilen, Tellerventilen, drehbaren Klappen u.a.m. Bei einigen Kesseln waren sie gesetzlich vorgeschrieben (siehe z.B. Reichs-Kesselgesetz).

Anmerkung  
Bei Lokomobilenkesseln mit Vorfeuerung konnte in der Regel der Wasserstand nicht an der vorderen Stirnwand angebracht werden. Man ordnete ihn dann seitlich am Kessel in der Nähe des Heizers an. Ähnliche Verhältnisse lagen bei Kesseln mit rückkehrenden Rauchrohren vor. Die Rauchkammer lag bei diesen an der Heizersseite direkt über der Feuerür. Auch in diesem Fall musste wegen der ungünstigen Platzverhältnisse der Wasserstand seitlich untergebracht werden.

Anmerkung  
Bei Halblokomobilen war es verbreitet, den Wasserstand mit anderen Überwachungs- und Sicherheitseinrichtungen zu kombinieren. Die Apparate waren zwar teurer, man vermied aber die belastungsmaßig ungünstige Vielzahl an Anschlussstellen für die Einzeleinstrumente am Kessel. In den Tafeln 10.10.3/1 und 10.10.3/2 sind zwei Beispiele für diese Armaturen wiedergegeben.



Tafel 10.10.3/1:

Werkstattzeichnung eines kombinierten Wasserstandes einer Halblokomobile

- mit seitlichem Schauglas (mit Absperrhähnen)
- mit fester Marke für den niedrigsten Wasserstand
- kombiniert mit zwei seitlich liegenden Probierhähnen
- kombiniert mit mittig angebrachtem Ventil zur Funktionsprüfung
- mit unten liegendem Schlammwasser und Ablasshahn



### 10.10.4 Probierhähne

Probierhähne dienten zur Überprüfung des Wasserniveaus im Kessel. Probierventile waren seltener. Bei Störungen oder Ausfall des Wasserstandes waren Probierhähne die einzige Möglichkeit, die Grenzen des Wasserstandes während des Betriebs zu überprüfen. Sie mussten zwingend vorhanden sein, wenn nur ein Wasserstandsanzeiger am Kessel montiert war. Sie galten in Umsetzung der behördlichen Vorschriften ab 1890 als „zweite geeignete Einrichtung zur Erkennung des Wasserstandes“. Probierhähne waren einfache Hähne. Das Dichtelement war ein eingeschlifenes Kükten. Sie wurden üblicherweise mit Gewinde direkt in der Stirnwand des Kessels verschraubt. Im Regelfall wurden zwei Hähne verwendet. Ein Hahn auf dem Niveau des höchsten Wasserstands sowie ein Hahn auf niedrigstem Wasserstand. Den oberen bezeichnete man als Dampfahh, da bei ordnungsgemäßigem Wasserstand im Kessel nur Dampf austreten durfte. Den unteren nannte man Wasserhahn. Wenn am unteren Probierhahn Dampf austrat war der Kessel in Gefahr. Der Wasserstand im Kessel war zu niedrig. Das Feuerung musste sofort zurückgenommen werden (ggf. bei festen Brennstoffen einige Roststäbe herausgezogen und das Feuer in den Aschenkasten geschürt werden). Der Nenn Durchmesser der Hähne lag bei ca. 5 mm, maximal bei 10 mm. Es gab auch Kessel mit drei Probierhähnen. Der Dritte lag auf dem Niveau des mittleren Wasserstands.

Der Umgang mit den Probierhähnen erforderte viel Erfahrung. Wenn beispielsweise bei Kesseln mit höherer Betriebsdrücken am Wasserhahn Dampf austrat, konnte die Ursache auch ein Verdampfen von sehr heißem Kesselwasser unmittelbar nach dem Austritt in die Atmosphäre sein. Auch bei hoch, aber noch ordnungsgemäßig gefülltem Kessel konnte am Dampfahh Wasser austreten. Bei Kesseln mit lebhafter Wasserzirkulation konnte das auftreten. Erfahrene Heizer erkannten am Geräusch, ob Dampf oder Wasser austrat. Ein anderes, einfaches Hilfsmittel war ein Blech, das man unter die Austrittsöffnung der Hähne hielt. Die Austrittsöffnung der Hähne musste wegen der Verbrühungsgefahr nach unten weisen. Bei Hähnen mit waagrechttem Austritt wurde ein Winkelrohr aufgesteckt.

Die Probierhähne verstopften schnell. Sie besaßen zur Reinigung häufig eine durchgehende waagerechte Bohrung deren Ende mit einem Stopfen verschlossen war. Die Hähne mussten in waagerechter Richtung zur Reinigung durchgestoßen werden können. Es gab auch Bauarten bei den Probierhähnen, die nicht leicht verstopften und sehr einfach zu bedienen waren. Der Patent-Hahn von Dreyer, Rosenkranz & Droop hatte kein Kükten sondern eine Dichtplatte g aus Vulkan oder Blei. Der schwere Bedienhebel c, gelagert an einem sehr kurzen Hebelarm über der Hahnmündung, presste die Dichtplatte auf den Sitz. Zur Betätigung wurde der Hebel nur ganz kurz angehoben. Der ausströmende Dampf- bzw. Wasserstrahl wies nach unten.

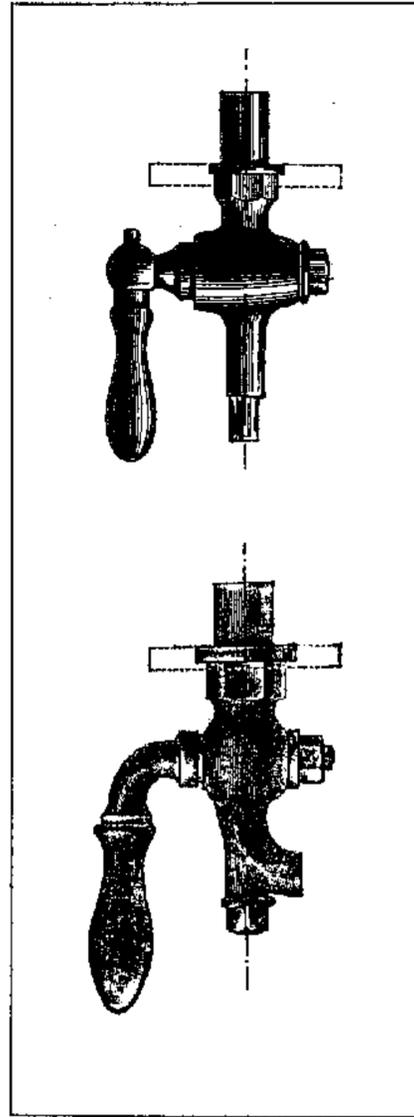


Bild 10.10.4/1: Probierhähne (Beispiele)

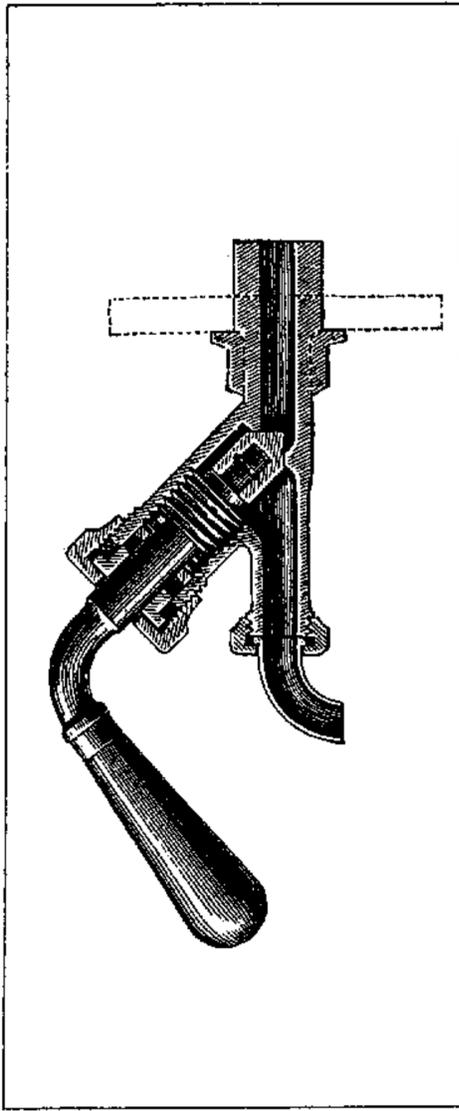


Bild 10.10.4/2: Probierventil

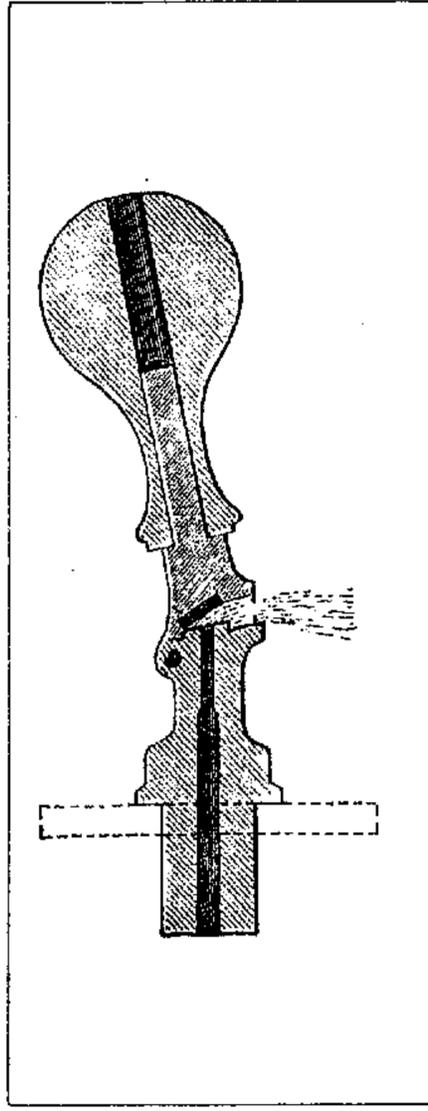


Bild 10.10.4/3: Patent-Probierhahn  
(Maschinenfabrik Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover (1897))

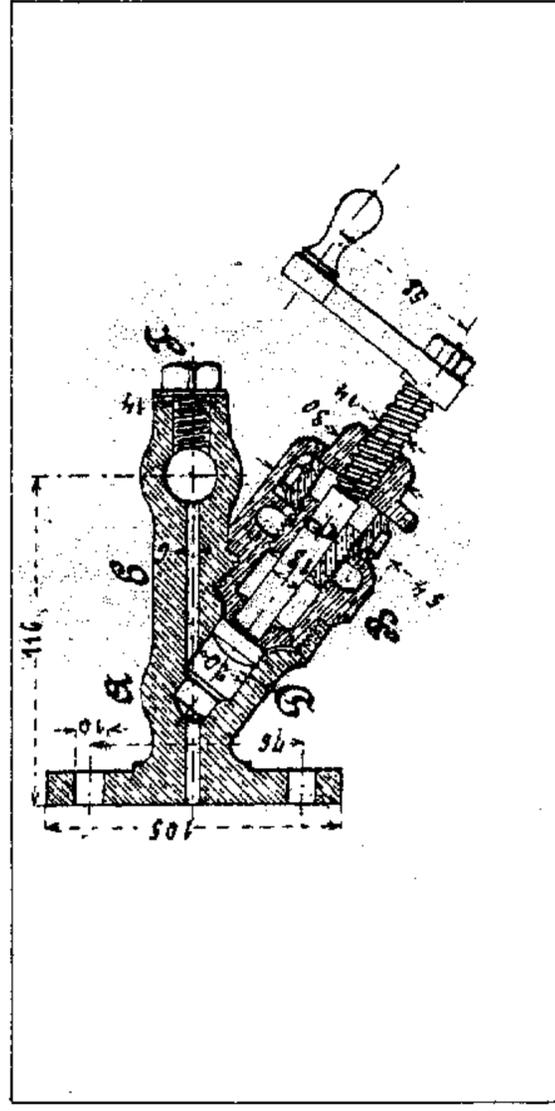


Bild 10.10.4/4: Probierventil mit Handkurbel und seitlichem Ausgang (1885)

### 10.10.5 Manometer

Zur Anzeige des aktuellen Kesseldrucks diente das Manometer, die genaue Bezeichnung war „Betriebsmanometer“. Es zeigte den Innendruck des Kessels gegenüber dem atmosphärischen Druck an. Angegeben wurde der Druck üblicherweise in at oder atm, später, zur deutlicheren Kennzeichnung, in atü. Der Manometeranschluss am Kessel lag mit nötigem Abstand vom Wasserniveau im Dampfraum. Die bei Lokomotiven eingesetzten Manometer waren Standardbauteile aus der Zulieferindustrie. Verbreitet waren zwei Bauarten verbreitet. Je nach verwendetem Element zur Druckmessung unterschied man Manometer mit Plattenfeder oder Rohrfeder (Bourdon'scher Röhre).

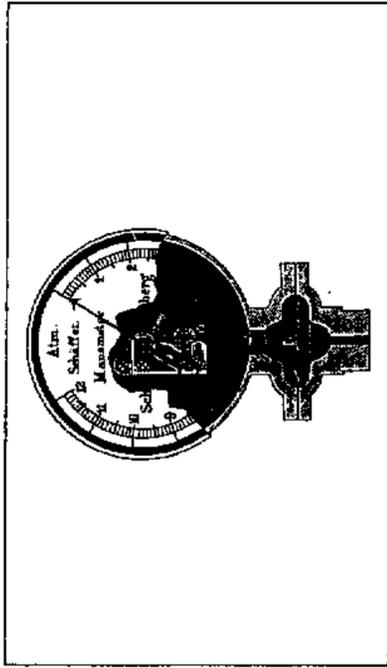


Bild 10.10.5/1:  
Betriebsmanometer mit  
Plattenfeder (Prinzipskizze)

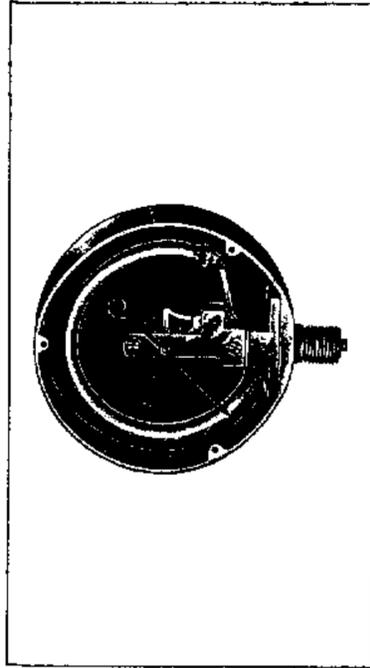


Bild 10.10.5/2:  
Betriebsmanometer mit  
Rohrfederelement

Der Anzeigebereich des Manometers umfasste etwa den zweifachen des zulässigen Kesseldrucks. Der zulässige Druck war auf der Skala deutlich gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung war gesetzlich vorgeschrieben. Die Zuleitung zum Manometer wurde nach unten in Form eines Siphonrohrs U-förmig gebogen oder in Form eines Wendels mehrfach gewickelt. Der Dampf kondensiert im unteren Teil des Rohres. Man bezeichnete das Rohr auch als „Wassersack“. Damit wurde verhindert, dass heißer Dampf die empfindliche Mechanik des Instrumentes beschädigte. Bei großen Lokomotiven und Halblokomotiven wurden zur Sicherheit auch zwei Manometer verwendet. Bei gut funktionierenden Manometern konnten geringen Druckschwankungen im Betrieb durch kleine Ausschläge des Zeigers beobachtet werden.

Manometer waren mechanisch empfindliche Teile. Ihre Funktion und Anzeigenauigkeit war für die Sicherheit des Kessels wesentlich. Der Maschinist musste sich auf die angezeigten Werte verlassen können, da die Funktion im laufenden Betrieb nicht überprüft werden konnte. Zur Plausibilitätsprüfung der Anzeige konnte zwischen dem Manometer und dem Anschlussrohr ein Dreiweghahn eingebaut werden. Der Hahn gestattete das Manometer vom Dampfdruck zu entlasten. Die Anzeige musste dabei auf „Null“ gehen.

Das Betriebsmanometer wurde periodisch bei jeder behördlichen Kesselabnahme gesondert überprüft. Zu diesem Zweck wurde ein kalibriertes Kontrollmanometer parallel angeschlossen. Dafür musste ein Kontrollflansch am Manometerrohr vorhanden sein. Er war gesetzlich vorgeschrieben, die Ausführung war aber in den einzelnen deutschen Ländern unterschiedlich.

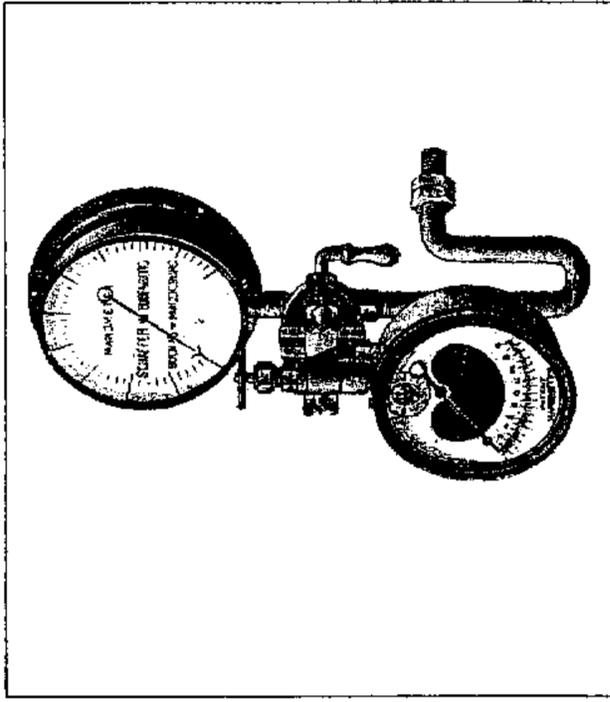


Bild 10.10.5/3:  
Betriebsmanometer mit Siphon,  
Kontrollmanometer und  
Dreiwege-Hahn

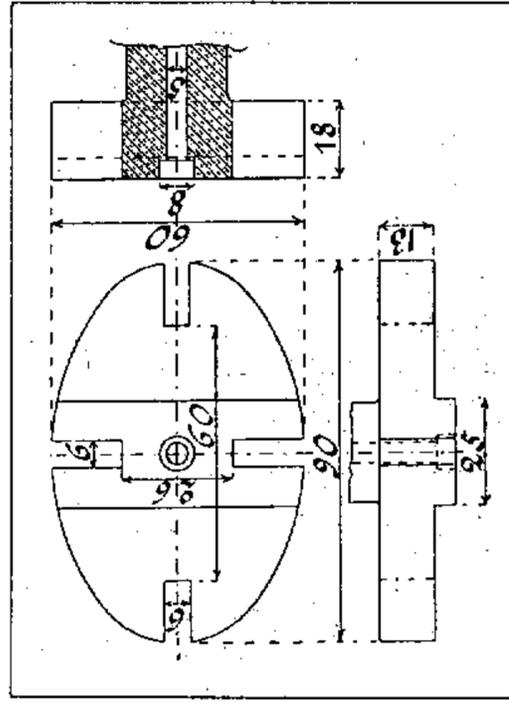


Bild 10.10.5/4:  
Gesetzlich vorgeschriebener  
Kontrollflansch zur Anbringung  
des amtlichen  
Kontrollmanometers  
(preußische Behörden)

### 10.10.6 Schmelzsicherungen im Feuerraum

Schmelzsicherungen im Feuerraum wurden bei einigen Lokomobilenkesseln eingesetzt, um im absoluten Notfall eine vollständige Zerstörung des Kessels bei zu niedrigem Wasserstand zu verhindern. Die oberen Teile der Feuerbüchse lagen in diesem Fall nicht mehr im Wasser, überhitzten, die Festigkeit der Bleche sank, sie verformten sich und rissen. Dampf und Wasser drangen explosionsartig in den Feuerraum und zerstörte den Kessel.

Die Schmelzsicherung bestand aus einem metallischen Pfropfen, der in den gefährdeten Partien (z.B. an der höchsten Stelle der Feuerbüchsendecke) eingepresst oder eingeschraubt war. Sie bestand aus einer niedrigschmelzenden Legierung, meistens aus Zink, Blei und Wismut. Im normalen Betrieb wurde zwar der eine Teil der Sicherung vom Feuer berührt, aber der andere wurde vom Kesselwasser gekühlt. Wenn die Kühlung durch einen zu niedrigen Wasserstand unterbrochen wurde, schmolz nur die Sicherung und der austretende Dampf löschte das Feuer. Der Vorgang lief nicht explosionsartig ab.

### 10.10.7 Speiserufer

Bei großen Halblokomobilen kamen in einzelnen Fällen auch sogenannte „Speiserufer“ zum Einsatz. Sie zählten zu den Alarmeinrichtungen und waren insbesondere dann notwendig, wenn die Lokomobilen längere Zeit unter eingeschränkter Beobachtung liefen. Es gab Einrichtungen, bei denen ein dünnes Rohr a senkrecht mit der Öffnung in Höhe des niedrigsten Wasserstandes im Kessel eingebaut war. Bei Unterschreitung des niedrigsten Wasserstandes trat heißer Dampf in das Rohr und schmolz einen Pfropfen b auf, dessen Schmelztemperatur knapp über  $100^{\circ}\text{C}$  lag. Um eine zu starke Erwärmung des Wassers unter dem Pfropfen zu vermeiden, war der Apparat mit einem wendelförmigen Kühlrohr c versehen. Der austretende Dampf ging über ein Rohr meist direkt zur Signalpfeife d (Black'sche Wampfeife).

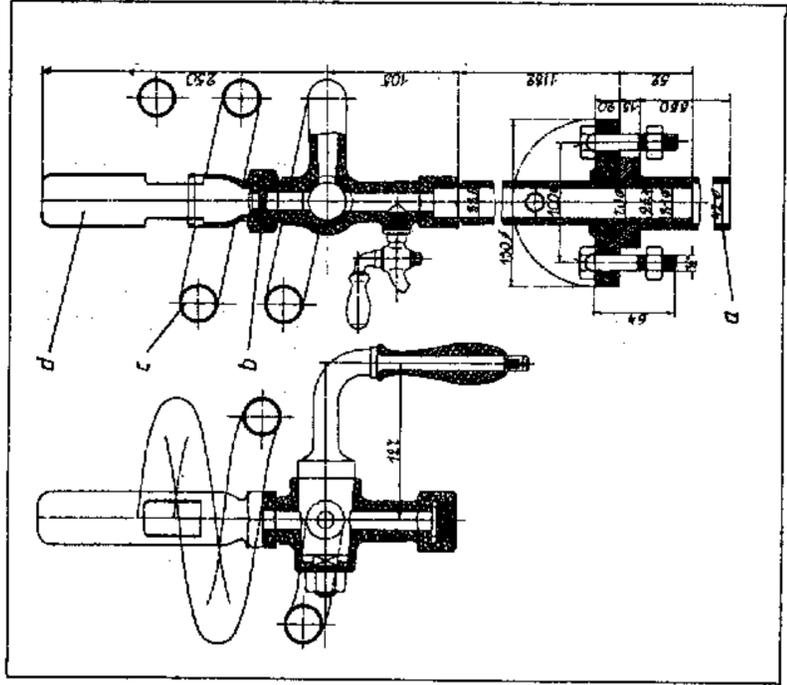


Bild 10.10.7/1:  
Speiserufer der Maschinenfabrik  
Schäffer & Budenberg,  
Magdeburg-Buckau  
(1908)

Andere Systeme besaßen einen einfache Schwimmer zur Feststellung des aktuellen Wasserstandes und eine Führungstange, die entsprechend abgedichtet durch den Kesselmantel nach außen führte. Über eine Mechanik wurde bei zu niedrigem Wasserstand im Kessel ein Signal gegeben. Im Allgemeinen waren sie mit der Signalpfeife gekoppelt. In den 1920er Jahren kamen auch zuverlässige elektrische Signalapparate in Gebrauch. Bei zu niedrigem Wasserstand trat Dampf in das senkrechte Standrohr ein. Das obere Gefäß war mit Quecksilber gefüllt. Auf dem Quecksilber schwamm ein metallischer Kontaktkörper. Durch die hohe Dampftemperatur dehnte sich das Quecksilber stark aus, der Kontaktkörper schwamm auf und schloss den elektrischen Stromkreis. Es ertönte eine elektrische Klingel (z.B. bei Speiserufern der Bauart Wolff).

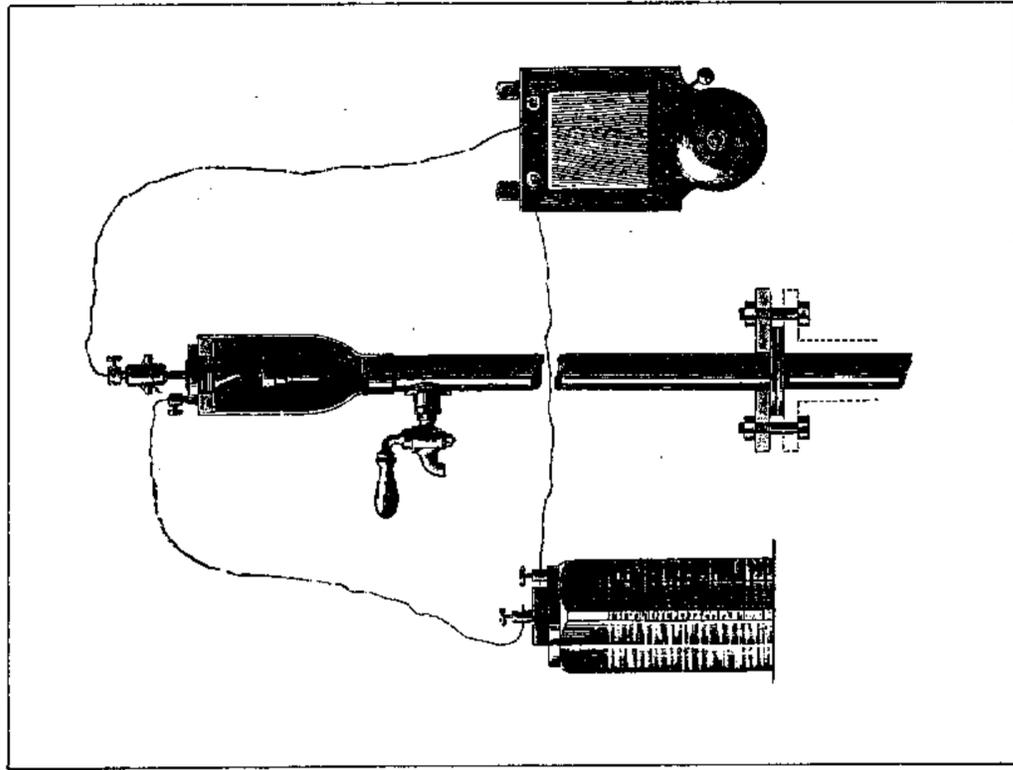


Bild 10.10.7/2:  
Elektrischer Speiserufer,  
System Wolff  
(1904)

## 10.10.8 Funkenfänger

Es gab eine Vielzahl an unterschiedlichen Prinzipien und Konstruktionen zur Löschung glühender Partikel im Rauch. Unterschiedlich war auch die Lage des funkenlöschenden Elements in der Rauchstrecke. Einige lagen in der Rauchkammer, andere im Kamin und wieder andere oben auf dem Kamin. Der Funkenflug war stark vom eingesetzten Brennmaterial abhängig. Wenn die Einsatzbedingungen und das Brennmaterial häufig wechselten war es von Vorteil, einen auswechselbaren Funkenfänger zu verwenden. In der Regel waren das Elemente die bei Bedarf oben auf dem Kamingewechselt befestigt wurden. Bei den genutzten Wirkprinzipien unterschied man:

- kühlende Prinzipien (die glühenden Partikel wurden so weit abgekühlt, bis sie erloschen),
- löschende Prinzipien (mit Dampf oder Wasser wurden die Funken gelöscht),
- zurückhaltende Prinzipien (die glühenden Teile wurden z.B. durch Zentrifugalkräfte im Inneren des Kamins oder der Rauchkammer gehalten).

### 1. Funkenfänger in der Rauchkammer

Die einfachste Einrichtung war beispielsweise ein Drahtsieb oder ein Prallblech hinter den Rauchrohren in der Rauchkammer anzuordnen. Es sollte glühende Teile auffangen und abkühlen. Die Wirkung war allerdings mäßig, da ein Teil der heißen Partikel weiterhin durch den Kamin entwich. Weiterhin mussten die aufgefangenen Partikel und die Asche häufiger entfernt werden.

Einen in der Rauchkammer unter dem Kaminsockel angeordneten Funkenfänger baute die Maschinenfabrik von R. Wolf in einige Lokomobilen ein. Der Kaminsockel war dazu nach unten in die Rauchkammer verlängert. Ein kegelförmiger Blechteller war unter dieser Verlängerung angebracht. Durch die größere Trägheit der schwereren festen Rauchbestandteile konnten sie der scharfen Umlenkung des Rauchs am Tellerand nicht folgen. Sie fielen auf den Boden der Rauchkammer zurück oder sammelten sich im Prallteller. Von Zeit zu Zeit mussten die Aschereste entfernt werden.

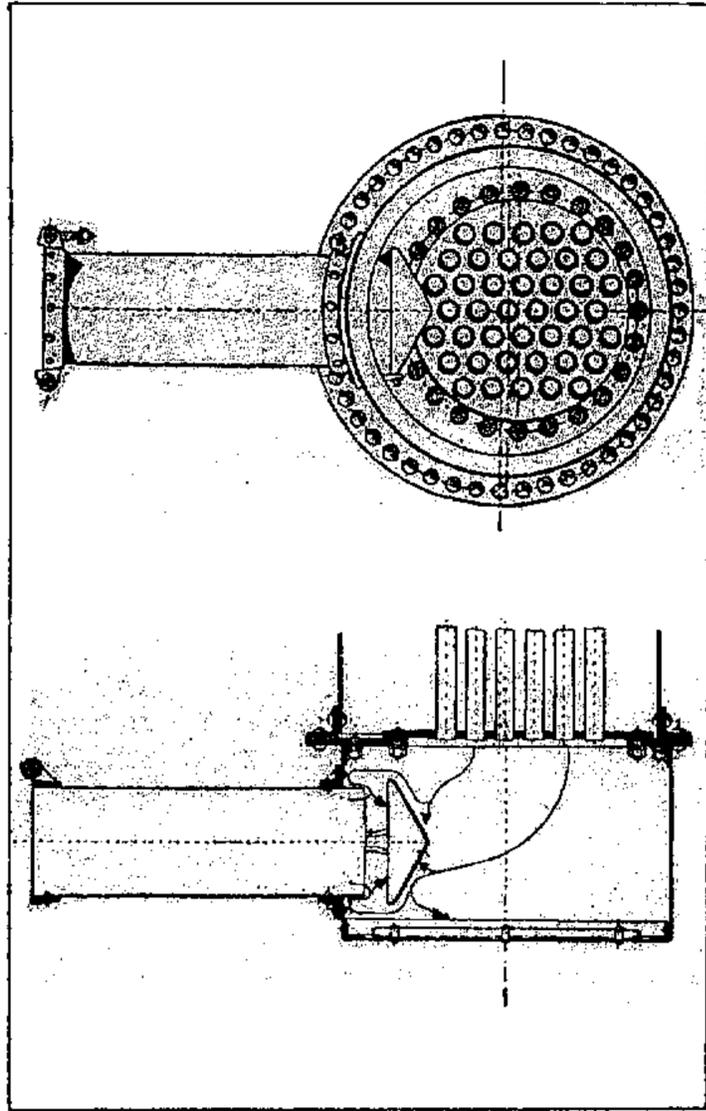


Bild 10.10.8/1: Prallteller als Funkenfänger

### 2. Funkenkühler am Ende des Kamins

Eine bessere Wirkung besaßen Einrichtungen mit engmaschigen Drahtgeflechtem aus Eisen oder Kupferdraht am Ende des Kamins (Drahtkörbe). Sie verhinderten ein Austreten der Partikel in die Atmosphäre, die Partikel kühlten am Drahtgeflecht ab und fielen in die Rauchkammer zurück. Dabei war ein Kupfergeflecht wirksamer als das aus Eisendraht. Um den Zug im Kamin nicht wesentlich zu beeinträchtigen, musste die freie Durchgangsfläche des Drahtgeflechtes mindestens der freien Kaminfläche entsprechen. Dafür gab es zwei Möglichkeiten. Man konnte die Oberfläche des Drahtgeflechtes bei unverändertem Durchmesser am Kaminkopf durch eine geeignete Formgebung vergrößern. Üblich waren halbkugelförmige Drahtaufsätze, zylindrische Aufsätze mit oberer Abdeckung u.a.m. Die zweite Möglichkeit bestand in einer entsprechenden Vergrößerung des Kaminkopfes. Der großen Nachteile dieser einfachen Einrichtungen war, dass sie sich rasch zusetzte, dann den Kaminzug verringerten und ihre Wirkung verlor. Sie musste oft mit Bürsten gereinigt werden.



Bild 10.10.8/2: Funkenkühler auf dem Kaminkopf

### 3. Funkenfänger

Als Funkenfänger im engeren Sinne galten Einrichtungen, die meist durch mehrfache Umlenkung des Rauchs im Kaminsockel oder im Kamin gegen kalte Prallplatten aus Blech die glühenden Teile im Rauch löschten. Ihre Wirkung war sehr sicher. Sie erforderten im Allgemeinen auch keine ständige Wartung. Gebräuchlich waren ein gutes Dutzend unterschiedlicher Konstruktionen, z.B. Funkenfänger Bauart Wolf, Flöther, Graham, Strube, Neuhaus u.a.m. Bei der Ausführung der Firma Lanz war der Kaminstutzen A und das Abdampfrohr E verlängert. Der Rauch wurde gegen einen Prallteller C geführt und von dort fielen die heißen Partikel in die große Schüssel B, wo sie erloschen. Die Schüssel war bei abgeklapptem Kamin gut zugänglich. Sie musste täglich gereinigt werden.

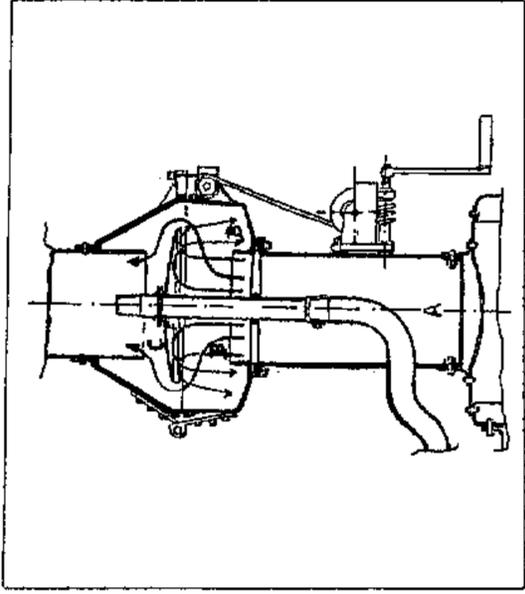


Bild 10.10.8/3: Funkenfänger mit Rauchumlenkung im Kaminsockel (Bauart H. Lanz, 1890)

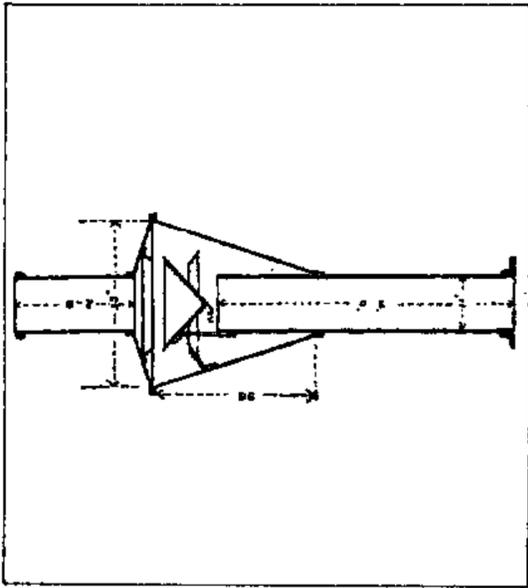


Bild 10.10.8/4:  
Funkenfänger mit  
Rauchumlenkung im Kaminkopf  
(Bauart Graham, 1885)

Etwas anders arbeiteten die Funkenfänger der Bauart Strube. Bei ihnen sorgten mehrere schraubenförmig gebogene Blechstreifen im unteren Teil des Kamins für eine drehende Bewegung des aufsteigenden Rauchs.

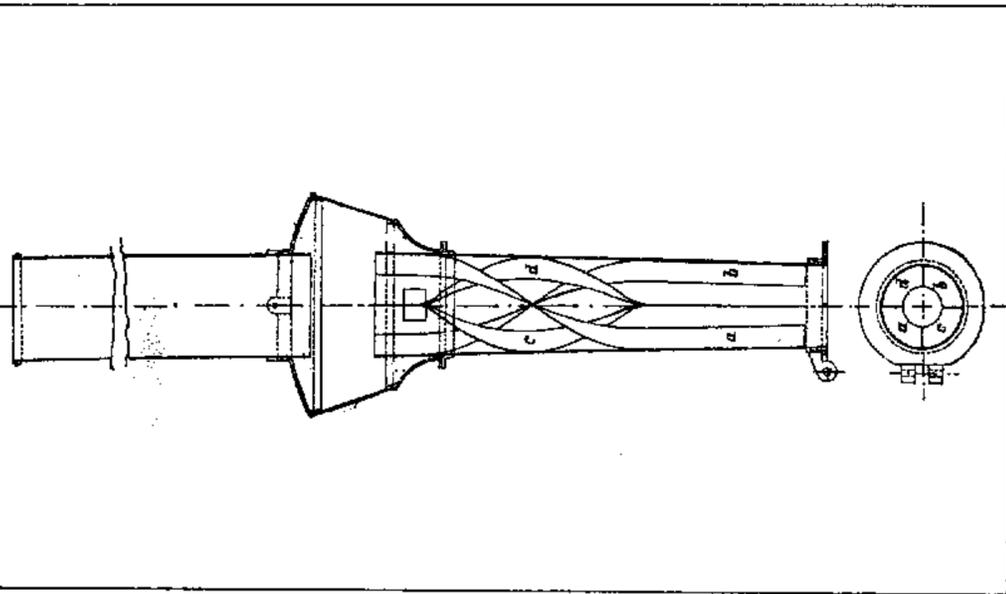


Bild 10.10.8/5:  
Funkenfänger mit  
Rauchverwirbelung in der Kaminmitte  
(Bauart Strube, 1882)

In der erweiterten Kammer des Funkenfängers wurden schwere Partikel im Rauch durch die Zentrifugalkräfte nach außen gegen die schräge Wand des Funkenfängers geschleudert. Die Schräge sorgte dafür, dass die Partikel sich unten im Sammelraum des Funkenfängers ablagerten. Sie mussten von Zeit zu Zeit durch eine seitliche Klappe entfernt werden.

#### 4. Funkenlöscher

Des Weiteren waren Einrichtungen im Gebrauch, die mit Hilfe des Dampfes aus dem Blasrohr oder durch eine zusätzliche kleine Dampfleitung vom Kessel die glühenden Partikel löschten. Der Löschdampf wurde zumeist nicht kontinuierlich, sondern periodisch zugeführt. Deren Wirkung war allerdings nur gegeben, wenn schon genügend Dampf im Kessel vorhanden war. In der kritischen Phase des Anheizens waren sie nicht wirksam. Man bezeichnete sie umgangssprachlich als Funkenlöscher.

Auch Kombinationen aus Funkenfänger und Funkenlöscher waren gebräuchlich. Die Fabriken von R. Wolf aus Magdeburg-Buckau und H. Lanz aus Mannheim verwendeten sie bei eimigen Maschinen.

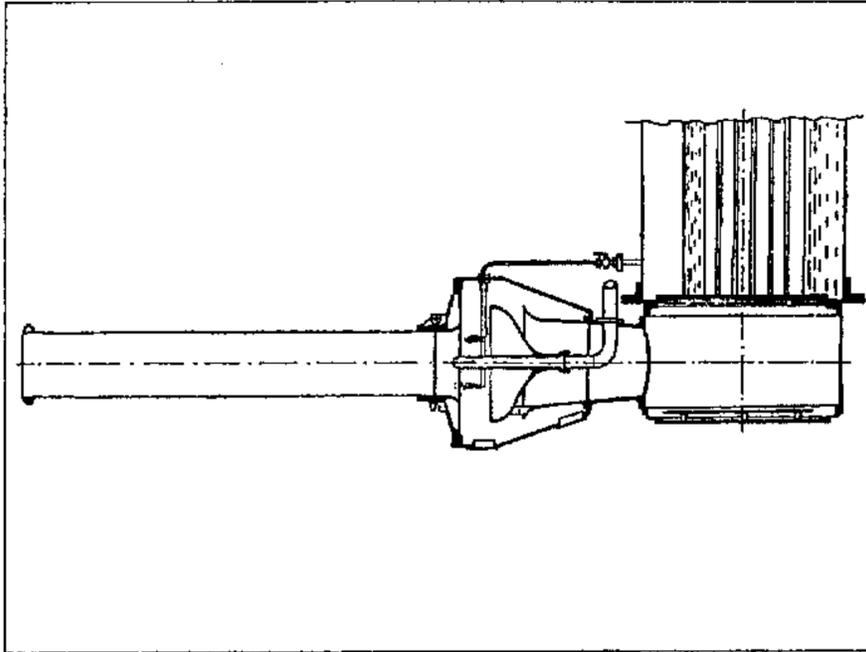


Bild 10.10.8/6:  
Kombinierte Funkenfänger  
mit Funkenlöscheinrichtung  
(R. Wolf)

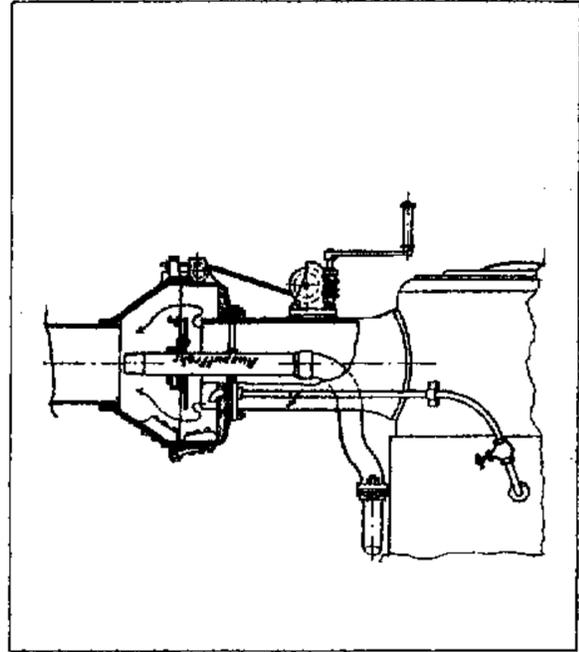


Bild 10.10.8/7:  
Kombinierte Funkenfänger  
mit Funkenlöscheinrichtung  
(H. Lanz)

### 10.10.9 Aschenlöscher

Bei Festbrennstoffen sammelten sich im Aschenkasten nicht nur heiße Asche und Schlacken, sondern auch mehr oder weniger große, glühende Stücke des Brennmaterials, die durch die Rostspalte gefallen waren. Im Betrieb wärmten diese glühenden Stücke die Verbrennungsluft etwas vor. Nach dem Entleeren des Aschenkastens gühlten sie allerdings unkontrolliert weiter. Die Asche musste sorgfältig nach dem Entleeren mit Wasser oder Sandaufschüttung gelöscht werden. Eine andere Möglichkeit zur Löschung der Asche war die Zugabe von Wasser in den Aschenkasten vor dem Entleeren. Bei Verfeuerung von vegetabilischen Substanzen (Stroh, Maisstengeln u.ä.) fielen große Mengen an glühender Schlacke und Asche an. Im Betrieb musste diese von Zeit zu Zeit gelöscht werden können, ohne den laufende Arbeit unterbrechen zu müssen. Dazu wurden Aschenlöscher verwendet, die einen kleinen Wasserstrahl über die Asche verteilten. Das Wasser wurde über Rohrleitungen meist von der Speisepumpe abgeleitet.

Das Bild zeigt als Ausführungsbeispiel den Feuerraum einer Lokomotive für Strohfeuerung. Der Rost war gebogen ausgeführt. Im vorderen Bereich waren die Rostspalte enger gesetzt. Hier wurde das Stroh nur vorgewärmt. Beim Nachschieben des Strohs wurde der vorgewärmte Teil nach hinten geschoben, dort waren die Rostspalte deutlich weiter und die starke Luftzufuhr führte zu einer lebhaften Verbrennung. Darüber sind zwei als Feuerbrücken fungierende Eisenplatten schräg aufgehängt. Sie verteilten die Hitze gleichmäßig im Feuerraum und Verminderten die Durchleitung von zu viel Ruß und Funken in die Rauchrohre, die Rauchkammer und den Kamin. Von der Speisepumpe führt ein Rohr zum Aschenkasten. Mit Hilfe eines Querrohres mit Düsen können die glühenden Teile in der Asche gelöscht werden. Betätigt wurde die Einrichtung durch ein Ventil an der Speisepumpe.

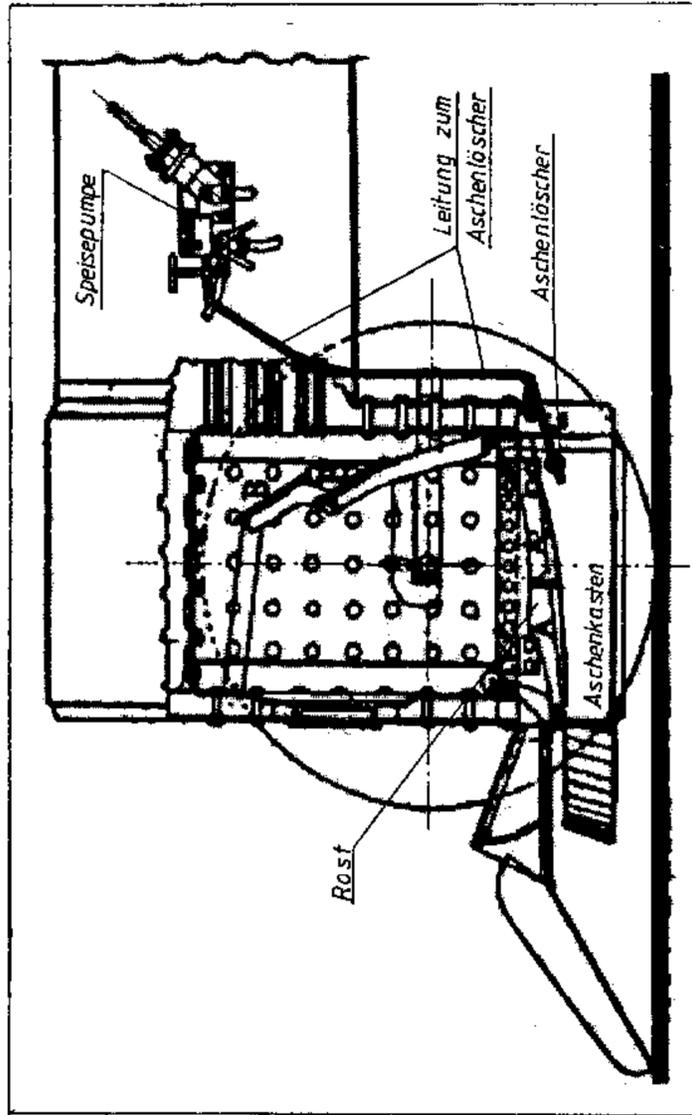


Bild 10.10.9/1: Aschenlöscher bei einer Lokomotive mit Strohfeuerung  
(Maschinenfabrik der kgl. ungarischen Staatsbahnen, um 1885)

### 10.10.10 Signalpfeife, Signalklappe

Signalpfeifen dienten bei Lokomotiven zum Austausch von Informationen zwischen dem Maschinenführer und der Arbeitsmannschaft. Beispielsweise waren beim Dreschen, aber auch bei anderen landwirtschaftlichen Hofarbeiten, die einzelnen Tätigkeiten der Arbeiter genau aufeinander abgestimmt. Durch vereinbarte Signale informierte der Maschinenführer über das Anfahren, Veränderungen im Maschinenbetrieb und beabsichtigte Manöver, Störungen, Notfälle und auch Arbeitspausen. In den anderen Einsatzgebieten der Lokomotiven waren die Verhältnisse ähnlich. Lokomotiven wurden in der Landwirtschaft auch für Bodenkulturarbeiten eingesetzt. Als ortsveränderliche Kraftmaschinen trieben sie entsprechende Windenapparate an, die wiederum mit Hilfe von Seilen Pflüge über den Acker zogen (Seilpflügen im indirekten Gang). Bei diesen Arbeiten waren die Verhältnisse komplizierter. Die Arbeitsinformationen mussten zum einen über größere Entfernung sicher weitergegeben werden. Zum anderen war ein Informationsaustausch sowohl zwischen Lokomotiven und Bodenkulturgerät als auch umgekehrt notwendig. Man setzte in diesen Fällen neben der Signalpfeife auch noch Signalklappen oder ähnliches ein. Bei Halblokomotiven waren diese Einrichtungen nicht erforderlich. Signalpfeifen verwendete man bei diesen Maschinen nur als allgemeines Warnelement, beispielsweise im Zusammenhang mit einem Speiserufer.

Bei Lokomotiven und anderen ortsveränderlichen Kraftmaschinen kamen ausschließlich Dampfpeifen zum Einsatz. Nur bei großen Halblokomotiven kamen auch elektrische Signalgeber zum Einsatz. Die Dampfpeife war oben im Dampfraum mit Gewinde oder Flansch befestigt. Sie besaß ein eigenes kleines Betätigungsventil oder einen schnellöffnenden Hahn. Die Bauart der Signalpfeifen war unterschiedlich (Ringspaltpeife, Zungenpeife etc.). Der Pfeifenton konnte durch Vergrößern der schwingenden Luftsäule und Verändern des wirksamen Spaltes verändert werden. Tendenziell wurde der Pfeifenton mit größerem Spalt und größerer Luftsäule tiefer. Wenn mehrere Maschinen in unmittelbarer Nähe arbeiteten, war eine eindeutige Unterscheidung notwendig. Im Allgemeinen konnte der wirksame Spalt der Pfeife mit einfachen Mitteln eingestellt werden. Die Pfeifenbetätigung lag entweder im Griffbereich des Maschinenführers oder wurde über einen Schnurzug vorgenommen.

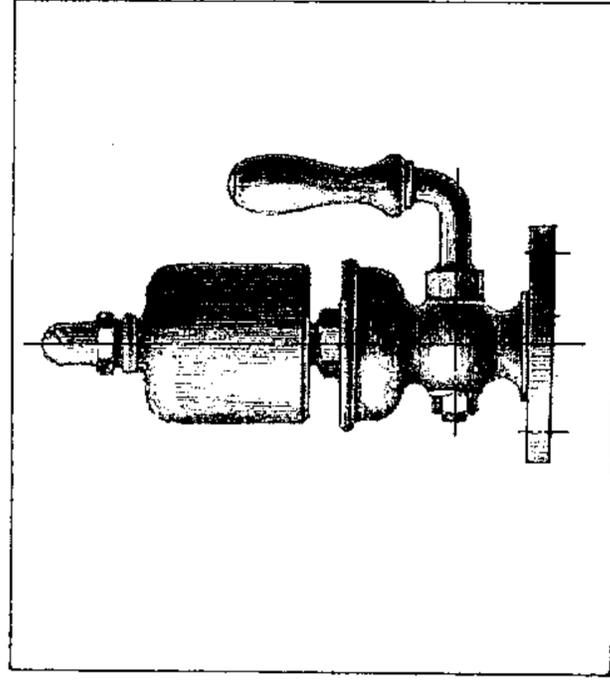


Bild 10.10.10/1:  
Einfache Signalpfeife  
einer Lokomotive  
mit Flanscbefestigung

### 10.10.11 Dampf-Absperrventile, Rohrbruchventile

Jeder Kessel musste mit einer Absperrrichtung versehen sein. Dampf-Absperrventile lagen in der Haupt-Dampfleitung zur Maschine. Sie verhinderten beim Anheizen des Kessels den Zugang von nassem Dampf und das unbeabsichtigte Anfahren der Maschine. Im Betrieb konnte mit ihnen jederzeit die Dampfzufuhr zur Maschine unterbrochen werden. Sie wurden meist als handbetätigte Durchgangs- oder Eckventile gebaut. Der Dampfdruck sollte von unten, unter dem Ventilteller wirken. Die Stopfbuchse des Ventils konnte dann, ohne den Betrieb unterbrechen zu müssen, neu gepackt werden. Der Durchmesser des Ventils richtete sich im Wesentlichen nach der größten im Betrieb durchgeleiteten Dampfmenge. Erfahrungswerte lagen beim 1,1 bis 1,25 fachen des wirksamen Durchmessers des Sicherheitsventils. Wurde die Lokomobile mit überhitztem Dampf betrieben, war auch eine Anpassung der Materialien der Dichtungsringe notwendig. Rotgussringe waren ungeeignet. Sie dehnten sich anders und hatten bei hohen Temperaturen keine ausreichende Festigkeit. Bei Heißdampf verwendete man häufig Ringe aus Reinnickel. Neben den Ventilen als Absperrrichtung kamen bei neueren Maschinen auch Schieberventile zum Einsatz.

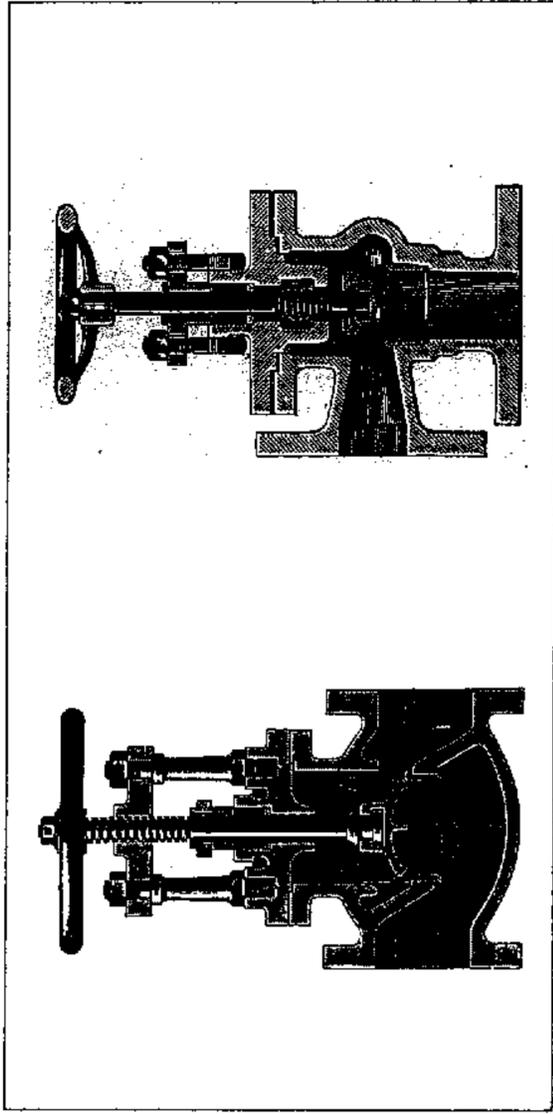


Bild 10.10.11/1: Handbetätigte, einfache Dampf-Absperrventile mit Flanschbefestigung

Rohrbruchventile oder Selbstschlussventile verschlossen die Dampfleitung bei einer plötzlichen, sehr hohen Dampfentnahme (Rohrbruch) selbsttätig. In einigen Ländern, z.B. Frankreich, waren sie gesetzlich vorgeschrieben. Sie waren häufig im Absperrventil integriert. Bei fahrbaren Lokomobilen waren sie nicht notwendig, da der Kessel und die Maschine eine Einheit mit sehr kurzen Dampfleitungen bildeten. Im Schadensfall wurde das Hauptventil geschlossen. Bei Lokomobilen mit getrenntem vom Kessel arbeitender Maschine und größeren Halblokomoiblen, die längere Zeit „mannlos“ betrieben wurden, kamen Rohrbruchventile in einigen Fällen zum Einsatz.

Rohrbruchventile sollten so nahe wie möglich an der Dampfentnahmestelle des Kessels in die Dampf-Hauptleitung zwischengeschaltet werden. Es musste, unabhängig von der Entfernung der Schadstelle, möglichst „stobarm“ schließen. Im Allgemeinen wurde bei diesen Ventilen ein Selbstschlusskörper bei plötzlichem Druckabfall mit vollem Kesseldruck auf den Schnellschluss-Ventilsitz gepresst. Bei Maschinen, die mit höheren Drücken und überhitztem Dampf arbeiteten, waren Rohrbruchventile üblich. Die Verletzungsgefahr für das Bedienpersonal war in diesen Fällen besonders hoch. Rohrbruchventile mussten so beschaffen sein, dass ihre Funktion während des Betriebs überprüft werden konnte. Bei geöffnetem

Hauptventil konnte beispielsweise mit Hilfe eines Hebels der Schnellschluss ausgelöst und überprüft werden.

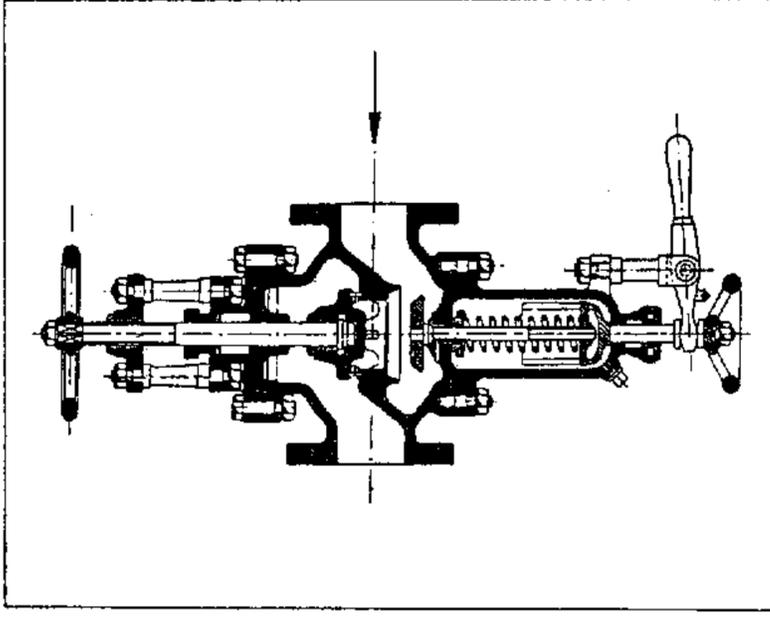


Bild 10.10.11/2:  
Kombiniertes  
Sperr- und Schnellschlussventil  
(Maschinenfabrik Albert Stempell,  
M.-Gladbach, um 1910)

In der nachfolgenden **Tafel 10.10.11/1** sind einige Sicherheitseinrichtungen für Lokomobilenkessel detailliert als Konstruktionsteile dargestellt.



## 10.11 Einrichtungen zum Füllen und Nachspeisen

### 10.11.1 Bemerkung

#### Kesselbefüllung

Der Kessel der Lokomobile musste vor Arbeitsaufnahme mit Wasser gefüllt werden. Die Wassermenge richtete sich nach der Kesselbauart und Kesselgröße. Man füllte ihn bis etwa 1/3 unter der oberen Wasserstandsmarke. Gefüllt wurde meist mit einfachen Handpumpen aus einem Wasserwagen heraus. Hartes und verunreinigtes Wasser musste nach Möglichkeit vor dem Einlassen in den Kessel aufbereitet werden (siehe Kapitel 8). Zum Auffüllen selbst gab es verschiedene Möglichkeiten:

#### - Auffüllen am Mannloch

Der Mannlochdeckel durfte nicht entfernt werden. Eine erneute Montage und Abdichtung war viel zu zeitaufwendig. Im Mannlochdeckel war bei einigen Kesselausführungen zum Auffüllen eine mit einem Gewindebolzen verschließbare Öffnung vorgesehen. Über diese Öffnung konnte der Kessel befüllt werden.

#### - Auffüllen am Sicherheitsventil

Bei einigen Sicherheitsventilen war die Öffnung frei zugänglich. Eine Befüllung des Kessels war an diesem Punkt möglich, aber nicht empfehlenswert. Das empfindliche Ventil, insbesondere der Ventilsitz bei Plansitzventilen, konnte beschädigt werden.

#### - Auffüllen am Füllrohr

Einige Lokomobilenkessel besaßen ein separates Füllrohr. Es war mit einem kleinen Flansch am Zylinderkessel ein Stück über dem oberen Wasserstand befestigt. Der lichte Durchmesser des Füllrohres konnte relativ groß gewählt werden. Eine rasche Füllung war ggf. von Vorteil. Verschlössen wurde die Öffnung mittels einer Bügelschraube oder, bei kleineren Füllrohren, durch einen entsprechenden Gewindebolzen. Zur Erleichterung des Füllens konnten Trichter angesetzt werden.

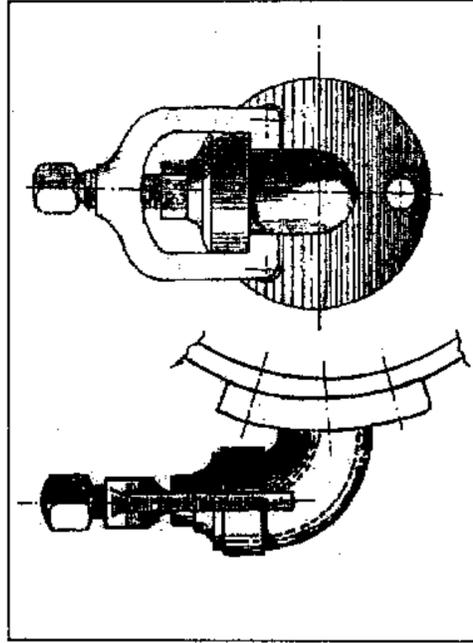


Bild 10.11.1/1:  
Füllrohr eines Lokomobilenkessels  
mit Bügelsschraube

#### Kesselspeisung

Das im Kessel je Zeiteinheit verdampfte Wasser muss gegen den aktuellen Kesseldruck nachgefordert werden. Hierfür verwendet man Einrichtungen zum Nachspeisen. Eine einfache kontinuierliche Nachspeisung war bei verfahrenen Lokomobilen schwierig, da im Betrieb stark wechselnde Belastungen mit unterschiedlichen Dampfverbräuchen auftreten konnten. Bei Halblokomobilen und anderen dampfgetriebenen Kraftmaschinen mit weitgehend konstanter Belastung waren theoretisch kontinuierlich Nachspeisungen möglich. Wenn die Drehzahl der Maschine auf einen festen Wert geregelt wurde, förderte beispielsweise eine direkt von der Kurbelwelle angetriebene Speisepumpe immer eine gleiche Wassermenge. Es war allerdings im Dauerbetrieb nicht möglich mit konstanter Speisung zu arbeiten, sie war zu

ungenau. Im Wasserstandsanzeiger war nach einiger Zeit ein kontinuierlicher Anstieg bzw. Absinken des Wasserstandes zu beobachten. Beides, sowohl die Überspeisung als auch die Unterspeisung, war für den Kessel gefährlich. In der Praxis wurde bei verfahrenen Lokomobilen und Halblokomobilen die Speiseeinrichtung permanent mit leichtem Speisewasserüberschuss gefahren. Über einen sogenannten „Bypass“ wurde, ohne die Speiseeinrichtung außer Betrieb zu nehmen, das überschüssige Speisewasser zeitweise über ein Ventil (Rückflusshahn) drucklos in den Wasserbehälter zurück gefördert. Bei Halblokomobilen verwendete man auch spezielle Pumpen, die z.T. mit gesonderten Antrieben ausgestattet waren. Bei neueren großen Halblokomobilen sind im 20. Jahrhundert auch Speiseregler (Wasserstandsregler) zum Einsatz gekommen.

Am Anfang der Lokomobilenentwicklung verwendete man eine Speiseeinrichtung. Häufig waren einfach wirkende Kolbenpumpen im Einsatz. Eine gut funktionierende und zuverlässige Speiseeinrichtung war für die Sicherheit des Kessels von entscheidender Bedeutung. Um 1900 war nach den vorliegenden amtlichen Statistiken die Hälfte der Dampfkesselexplosionen auf Wassermangel zurückzuführen. Im Verlauf der weiteren Entwicklung legte der Gesetzgeber den Einsatz von zwei unabhängig voneinander wirksamen Speiseeinrichtungen verbindlich fest. Jede Speiseeinrichtung musste aus Sicherheitsgründen etwa die 2 bis 2 1/2 -fache Menge Speisewasser zuführen können, die im üblichen Betrieb normalerweise verdampft wurde. Andere Quellen empfehlen Nachspeisemengen in Abhängigkeit von der Kesselgröße zu wählen. Eine charakteristische Kesselgröße war beispielsweise die Heizfläche. Die Empfehlungen bezogen sich dann auf eine Speisemenge je m<sup>2</sup> Heizfläche. Wenn eine Speiseeinrichtung ausfiel bedeutete das noch keine Gefahrensituation. Üblich war es bei den beiden Einrichtungen unterschiedliche Bauarten zu verwenden, die nicht von ein und derselben Betriebsvorrichtung abhängig waren.

Die Bauteile, die unmittelbar am Kessel meist „dampfdicht“ befestigt werden mussten, wurden in der Regel mit Hilfe von Zwischenelementen angeschlossen. Eine Seite wurde am Kessel vernietet, die andere hatte einen Flansch. Bei Reparaturen oder beim Auswechseln des Bauteils braucht nicht die Vernietung am Kessel gelöst werden, sondern nur die Verschraubung am Flansch. Diese Stutzen waren meist aus Gusseisen. In der Tafel 10.11/1 sind einige Konstruktionsbeispiele dargestellt.

Die Nachspeisung durfte nicht auf sehr heiße Wände des Kessels treffen. Die Mündung des Speiserohres sollte etwas unter dem untersten Wasserstand liegen und ca. 10 cm in das Innere des Kessels hineinragen. Wurde der Anschluss an untere Stellen des Kessels gelegt, so konnte bei Problemen am Speiseventil das gesamte Kesselwasser durch den Dampfdruck nach außen gedrückt werden.

Zur Speiseeinrichtung gehören:

1. Der Druckerzeuger (Speisepumpe, Dampfstrahlpumpe (Injektor)) ggf. mit Antrieb.
2. Der Speisewasserbehälter (ggf. mit Vorwärmer).
3. Das Speiseventil mit Speisestutzen und Rohrleitungen.
4. Zusätzliche Funktionssicherungen (z.B. Rückflusshahn (Bypass-Ventile)).
5. Ggf. Einrichtungen zum Speisewasserreinigen.

Nachfolgend ist die Installation der vollständigen Speiseeinrichtung an einer verfahrenen Lokomobile dargestellt. Als Druckerzeuger wurde bei diesem Beispiel kein Injektor (Dampfstrahlpumpe) verwendet. Er wurde direkt an der Außenwand der Feuerbüchse mit einer wärmedämmenden Zwischenlage befestigt. Der Frischdampf wurde oben am Dampfdom entnommen. Nach Öffnung des Sperrhahns wurde er in den Injektor geleitet. Das Speisewasser konnte über eine Saugleitung einem Wasserbehälter entnommen werden. Über eine Druckleitung wurde das angewärmte Wasser über den Speisekopf in den Kessel gefördert.

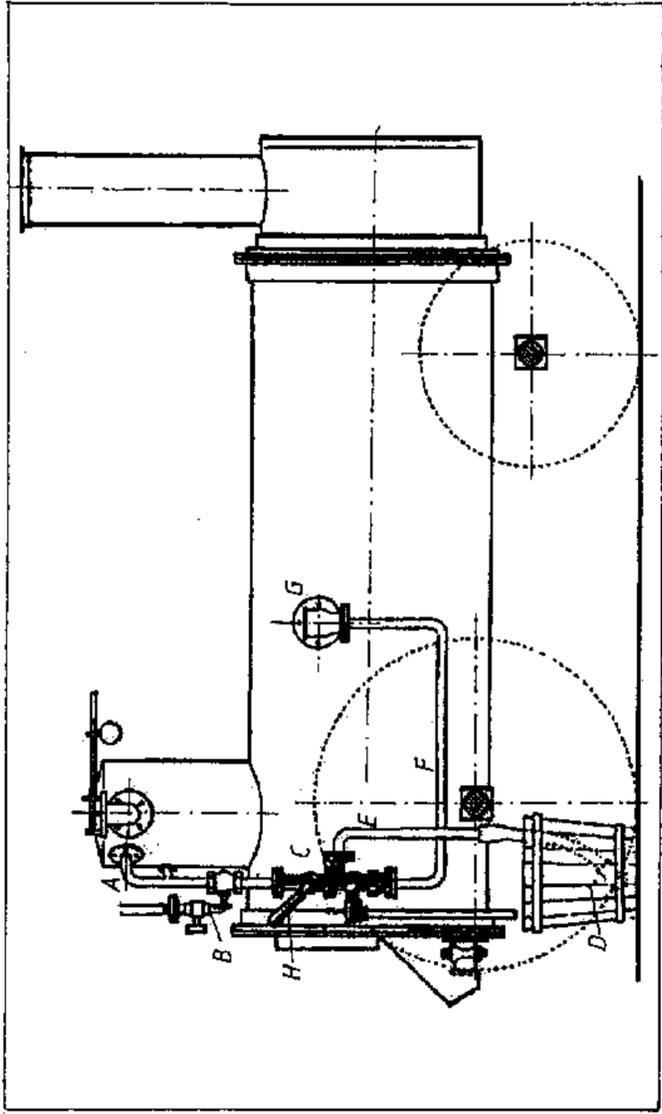


Bild 10.11.1/2: Anlagenplan einer Speiseeinrichtung an einer verfahrenbaren Lokomotive

Erläuterung:

- A - Dampfzuleitung vom Dampfdom
- B - Dampfventile
- C - Injektor
- D - Speisewasserbehälter
- E - Speisewasser-Saugleitung zum Injektor
- F - Speisewasser-Druckleitung zum Kessel
- G - Speisekopf
- H - Speisehebel des Injektors

### 10.11.2 Druckerzeuger

Es wurde, je nach Bauart und Größe der Lokomobile, ein großes Spektrum an Ausführungen eingesetzt. Das Spektrum reichte von einfachen Handpumpen, über von der Maschinenwelle direkt angetriebenen Pumpen, über indirekt (z.B. über einen Riementrieb) angetriebene separate Pumpen bis zu separaten Dampf-Kolbenpumpen und Injektoren.

#### Handpumpen

Sie waren nur bei kleinen Lokomobilen gebräuchlich, die mit geringem Kesseldruck arbeiteten. Sie dienten meist als Reserve (zweite Speisepumpe) für den Notfall. Es waren einfache, selbstansaugende Kolbenpumpen mit Plungerkolben. Der Plungerkolben saugt beim Hochgehen durch das Saugventil Wasser an (Vakuum, äußerer Luftdruck) und drückt es beim Niedergang durch das Druckventil in die Druckleitung zum Kessel. Wenn die Pumpe mit vorgewärmten Wasser betrieben wurde, durfte die Vorwärmtemperatur des Wassers nicht mehr als etwa 60° C betragen. Durch das Vakuum beim Saughub verdampfte sonst das Wasser. Die Pumpe hatte dann keine Wirkung. Nach 1900 waren Handpumpen nur zulässig, wenn das Produkt aus Kesselheizfläche in m<sup>2</sup> und zulässigem Kesseldruck in atü den Wert von 120 nicht überschritt.

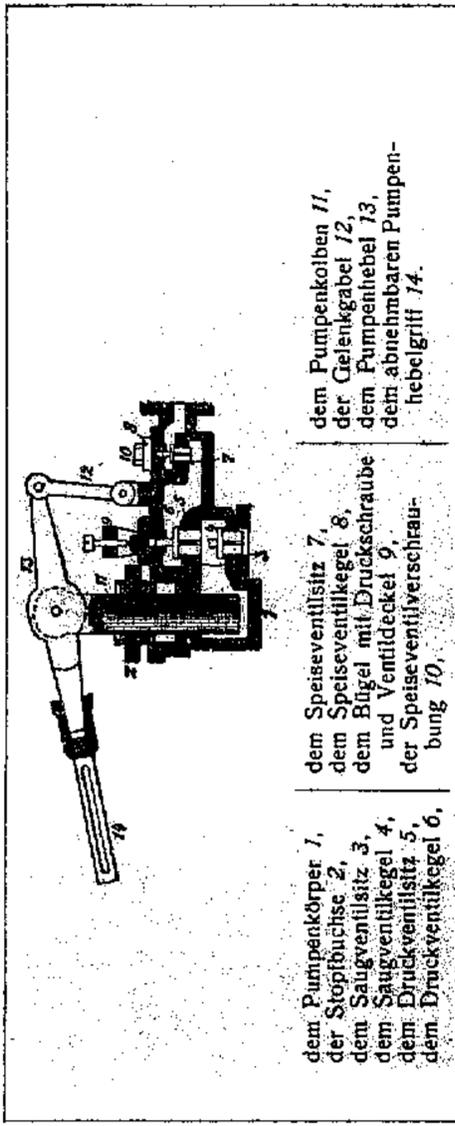


Bild 10.11.2/1: Handspeisepumpe einer verfahrenen Lokomobile als zweite Speisevorrichtung (Maschinenfabrik von R. Wolf, Magdeburg-Buckau, 1906)

Handspeisepumpen wurden von einer Reihe spezialisierter Zulieferbetriebe in Serie und in unterschiedlichen Leistungsstufen standardmäßig hergestellt. Es gab sie in „Durchgangsausführungen“ und als „Eck-Ausführungen“.

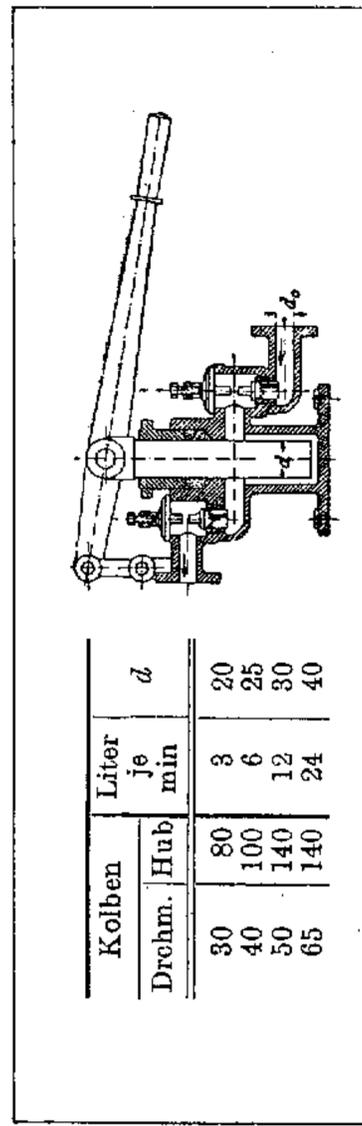


Bild 10.11.2/2: Standardabmessungen von Handspeisepumpen (Zukaufteile)

### Maschinen-Speisepumpen

Bei verfahrenen Lokomobilen wurden vornehmlich einfachwirkende, selbstansaugende Kolbenpumpen verwendet. Sie waren meist seitlich am Kessel befestigt. Der Antrieb erfolgte im Allgemeinen direkt von der Kurbelwelle mittels Exzenter. Die Saugleitung ging in einen neben der Maschine stehenden Wasserbehälter. Eine Druckleitung führte zum Speisewasseranschluss des Kessels. Der eigentliche Pumpendruck lag nur gering (etwa 0,2 at) über dem jeweiligen Kesseldruck. Zwischen Kessel und Speisepumpe war das Speiseventil (siehe unten) geschaltet. Es verhinderte bei nicht im Betrieb befindlicher Speisepumpe die ständige Druckbelastung der Pumpenteile und sorgte bei Funktionsfehlern für den sicheren Abschluss des Kessels. Bei anderen Speisepumpenausführungen wurde die Kolbenbewegung von einer hin- und hergehenden Bewegung anderer Maschinenteile abgenommen. Einige Speisepumpen mit unmittelbarem Anschluss an den Kessel besaßen auch integrierte Speiseventile. Zur Vergleichmäßigung des Speisedrucks und zur Schonung des Speisekopfes wurden bei einigen Ausführungen kleine Windkessel verwendet. Es gab auch Speisepumpen, bei denen alle Baugruppen wie Pumpe, Hähne, Ventile, Speisekopf, Windkessel etc. in einer kompakten Baueinheit zusammengefasst waren. Als Druck- bzw. Saugventile verwendete man Tellerventile oder Kugelventile mit konischen Ventilsternen. Doppelwirkende Speisepumpen kamen nur bei größeren Halblokomobilen zum Einsatz. Bei ihnen waren die Fördermenge und der Pumpendruck höher. Sie lieferten auch eine fast kontinuierliche Menge an Speisewasser.

Bei Maschinen-Speisepumpen durfte die Vorwärmung des Speisewassers nicht über ca. 70° C hinausgehen. Bei höheren Temperaturen musste die Pumpe so tief liegen, dass das Speisewasser zulief.

Um eine Überspeisung zu verhindern wurde in der Druckleitung noch ein zusätzliches Ventil (Rückflusshahn, Bypassventil) zwischengeschaltet. Damit konnte, ohne die Speisepumpe abzustellen, das Speisewasser zeitweise drucklos zurück in den Speisewasserbehälter geführt werden. Eine besondere Ausführung stellten Rückflusshähne mit genau einstellbarer Drossel dar. Je weiter die Drossel geschlossen wurde, umso mehr Wasser wurde in den Kessel gefördert. Auf diese Art konnte man mit viel Erfahrung, ohne eine aufwendige Regelung, dem Kessel kontinuierlich jeweils so viel Wasser zuführen, wie gerade verdampfte.

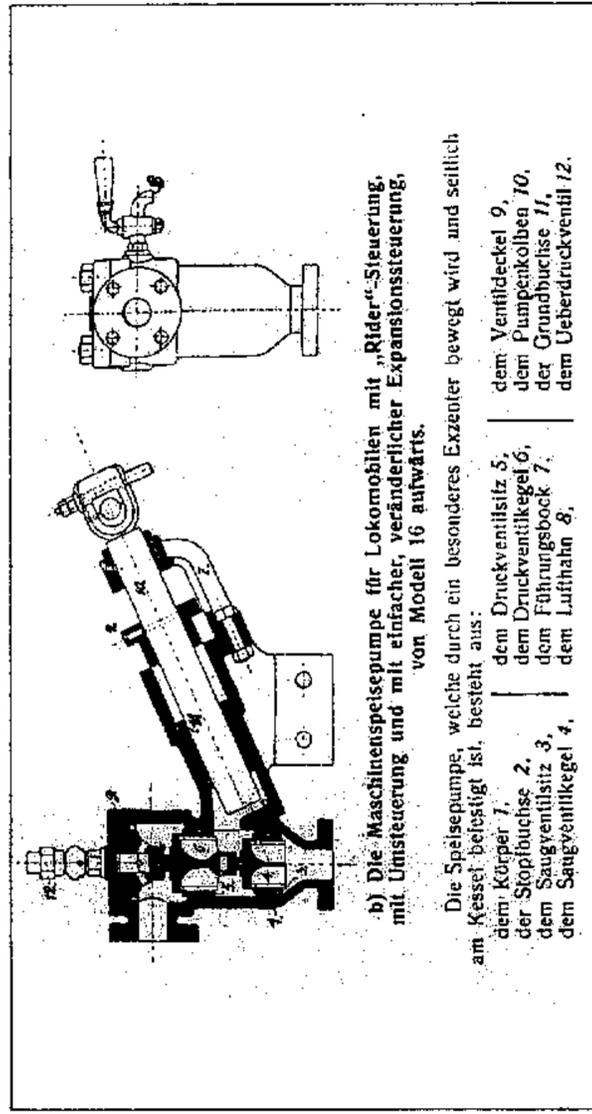


Bild 10.11.2/2: Einfache Maschinen-Speisepumpe für Exzenterantrieb

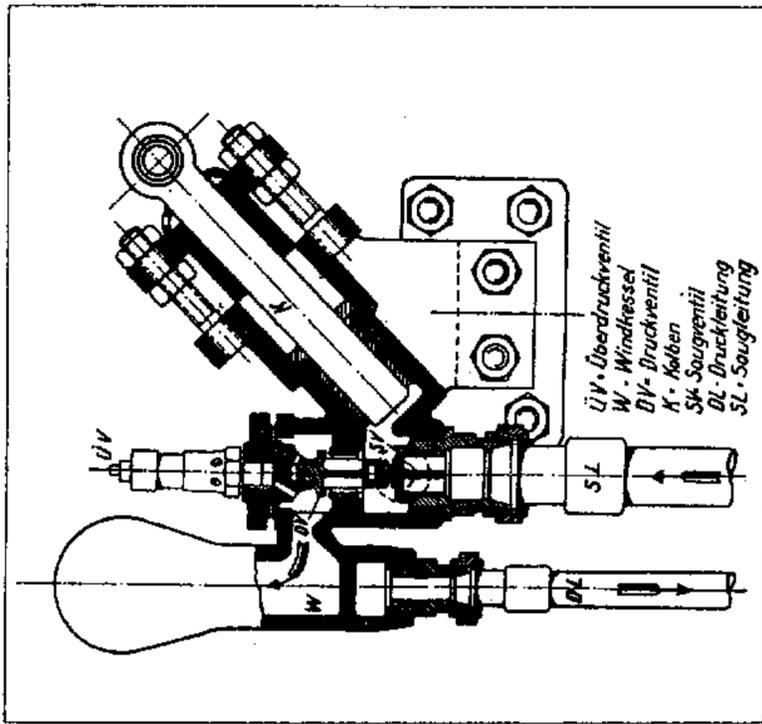


Bild 10.11.2/3:  
Maschinen-Speisepumpe  
mit Windkessel

Im nachstehenden Bild ist eine Speiseeinrichtung mit Vorwärmung des Speisewassers und Bypass-Betrieb dargestellt. Das Speisewasser kann über das Ventil  $V_1$  und den Umschaltahahn  $H$  wieder in den Speisewasserbehälter zurück fließen. Es ist drucklos und eine Kesselspeisung findet nicht statt. Bei diesem Kreislaufbetrieb wird das Speisewasser gleichzeitig erwärmt, da bei  $A$  ein Teil des Maschinenabampfes zugeführt werden kann. Durch Umstellen des Hahnes  $H$  wird der Kanal  $k$  geschlossen. Das Speisewasser wird nun gegen den Kesseldruck durch das Ventil  $V_2$  in den Kessel gefördert.

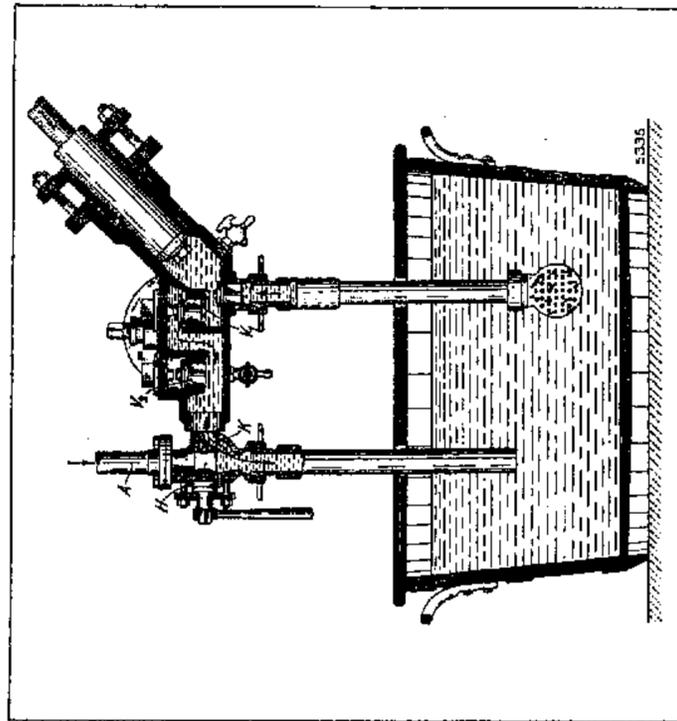


Bild 10.11.2/4:  
Saugseite einer  
Maschinen-Speisepumpe mit  
Vorwärmung und  
integriertem Bypass

Bei Halblokomobilen größerer Leistung waren die Speiseeinrichtungen aufwendiger und genau auf die Betriebsverhältnisse abgestimmt. Der Einsatz von Speiseregler, die eine Überspeisung verhinderten, war bei modernen Maschinen üblich. Im Allgemeinen wurde das Speisewasser in zwischengeschalteten Einrichtungen vorgewärmt. Wenn die Lokomobilen mit Kondensation ausgerüstet waren, verband man häufig den Antrieb für die Speisepumpen mit der Kondensator-Luftpumpe. Beide Pumpen hatten dann beispielsweise einen gemeinsamen Exzenterantrieb.

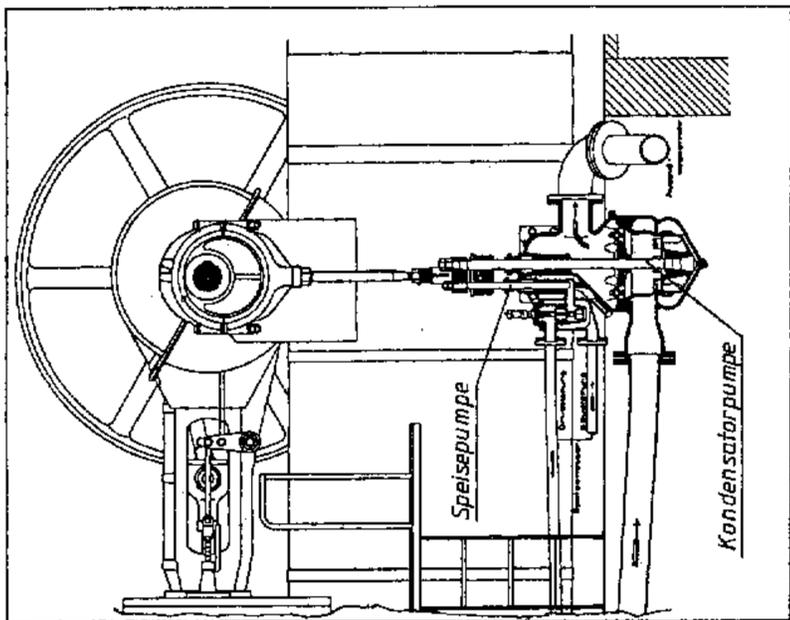


Bild 10.11.2/5:  
Gemeinsamer Antrieb von Speisepumpe  
und Kondensatorpumpe bei einer  
großen Halblokomobile  
(Henschel & Sohn, um 1920)

Bei Halblokomobilen größerer Leistung wurden in einigen Fällen auch Speisepumpen mit separatem Antrieb verwendet. Sehr selten wurden mechanische Antriebe über beispielsweise Transmissionen eingesetzt. Ein von der Transmission angetriebener Kurbeltrieb wirkte bei dieser Ausführung auf den Kolben der Pumpe. Beim Einsatz von Dampfmaschinen waren direkt arbeitende, stehende oder liegende Ausführungen gebräuchlich. Ein Dampfkolben trieb dabei direkt den meist doppelt wirkenden Pumpenkolben. Wegen der geringen Bedeutung bei ortsveränderlichen Kraftmaschinen werden sie hier nicht weiter behandelt.

#### Injektoren (Dampfstrahlpumpen)

Bei Injektoren wurde die Energie des Dampfes zur Förderung des Speisewassers in den Kessel genutzt. Ohne einen entsprechenden Dampfdruck war keine Speisung möglich. Das Prinzip war bei allen Injektoren gleich: durch eine Freistrahldüse trat Dampf mit hohem Druck aus und nahm im Freistrahlbereich hinter der Düsenöffnung Medium aus der Umgebung (in diesem Fall Wasser) mit. Der Dampf wurde zu Wasser abgekühlt und durch das entstandene Vakuum wurde Wasser angesaugt und mit hohem Druck in den Kessel gefördert. Bei Lokomobilen wurden selbstansaugende Injektoren verwendet. Die konstruktive Ausführung war immer ähnlich. Der Injektor bestand aus drei hintereinander geschalteten Düsen: die Dampf Düse, die Mischdüse und die Fangdüse (die Bezeichnungen sind in der Literatur nicht einheitlich). Es gab Injektoren in unterschiedlichen Ausführungen. Um 1890 waren die bekanntesten Hersteller: Schäffer & Budenberg, Friedmann, Gebr. Körting, Siemens & Halske, Schau u.a. Die Funktion eines einfachen Injektors wird anhand des nachfolgenden Bildes erläutert.

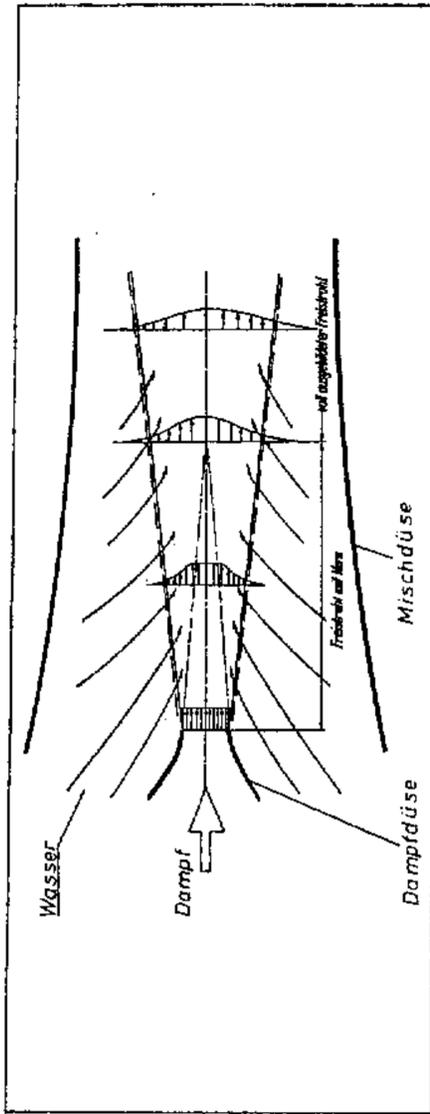


Bild 10.11.2/6: Arbeitsprinzip und Druckverteilung des Injektors im Bereich der Freistrahldüse

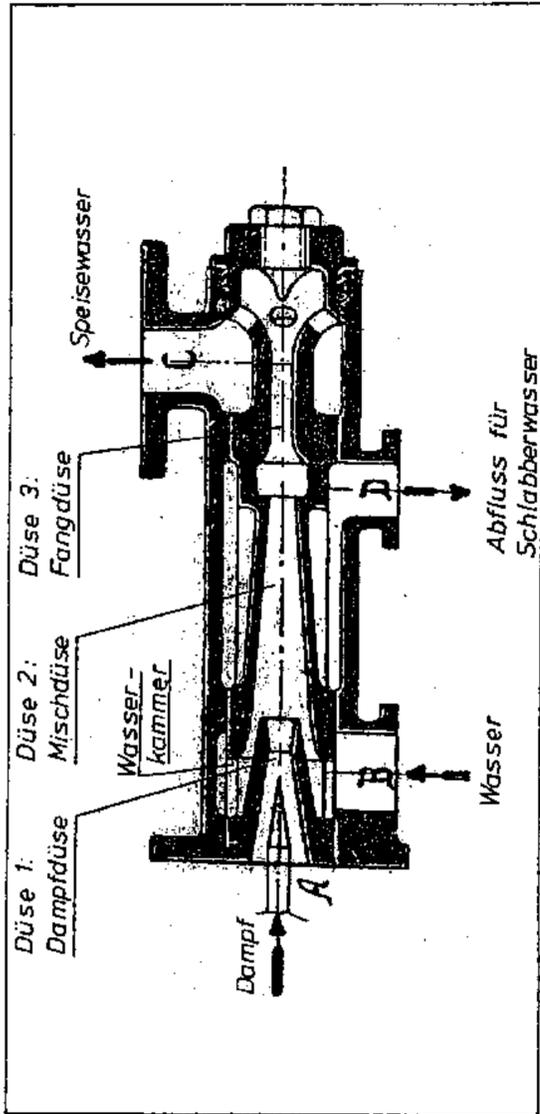


Bild 10.11.2/7: Funktion eines Injektors

Bei A tritt der Dampf in den Injektoreingang ein. Die düsenförmige Mündung (Dampfdüse) kann durch eine Spindel mit „nadelförmiger“ Spitze mehr oder weniger weit geöffnet werden. Der mit hoher Geschwindigkeit strömende Dampfstrahl reißt zuerst die in der Wasserkammer vorhandene Luft mit. Dadurch entsteht ein Unterdruck in der Wasserkammer und Wasser wird durch den Rohranschluss bei B angesaugt. In der Mischdüse mischt sich der Dampf mit dem Wasser, der Dampf kondensiert zum größten Teil, wodurch ein permanent ein Vakuum erzeugt wird. Gleichzeitig wird das Wasser leicht erwärmt. Die Energie des Dampfes wird in Druck- und Strömungsenergie umgewandelt. Das Gemisch aus Dampf und Wasser verlässt die Mischdüse mit sehr großer Geschwindigkeit. Der Mischdüse gegenüber befindet sich eine entgegengesetzt angeordnete Düse, die Fangdüse. Mit anwachsendem Querschnitt dieser Düse verringert sich die Strömungsgeschwindigkeit des Gemisches und die vorhandene Strömungsenergie wird in Druckenergie umgewandelt. Der Druck am Ende dieser Düse ist durch die Nutzung der Dampfenergie und deren Umwandlung stets höher als der Dampfdruck beim Eintritt. Die Umwandlung der Energie des Dampfes in Druckenergie des Wassers und somit der Druck nach der Fangdüse ist umso größer, je vollkommener die Kondensation des Dampfes ist. Das Druckwasser wird am Anschluss C abgeleitet. Das bei der Fangdüse verspritzende Wasser, umgangssprachlich wird es „Schlabbwasser“ genannt, wird beim Anschluss D abgeleitet.

Entscheidend für die Funktion waren eine gute Abstimmung der Durchgangsqueranschnitte und die Form der Düsen. Da in der Mischdüse der Dampf sehr rasch kondensieren musste, durfte das Speisewasser nicht zu stark vorgewärmt werden. Im Allgemeinen lieferten Injektoren das Speisewasser bei mäßiger Vorwärmung mit einer etwas unter dem Normalstiedepunkt liegenden Temperatur in den Kessel (70 – 90 ° C). Neuere Ausführungen gestatteten die Temperatur des Wassers auf deutlich über 100 ° C nahe an die Temperatur des Kesselwassers zu heben (Körting Universal-Injektor u. a. m.).

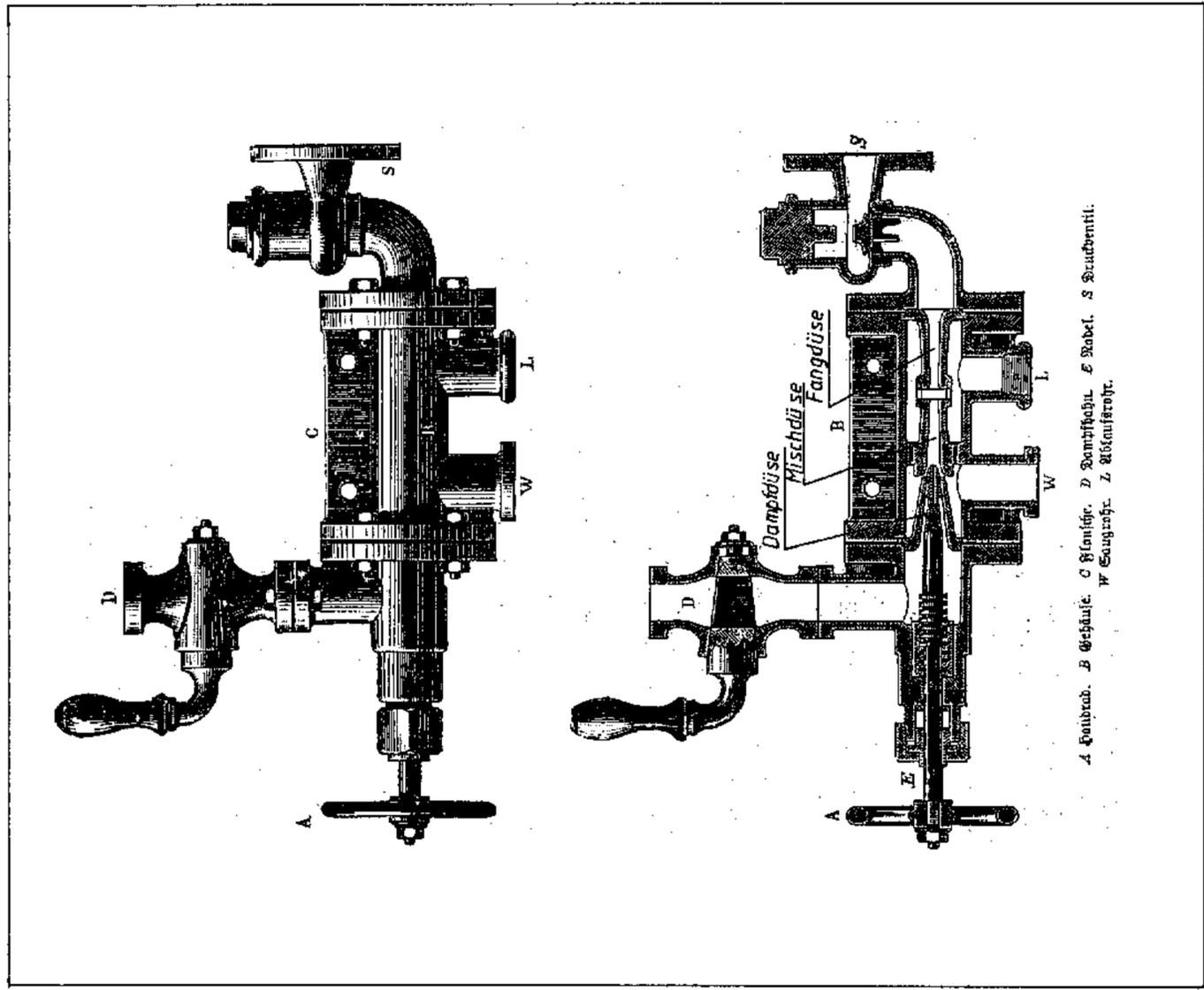
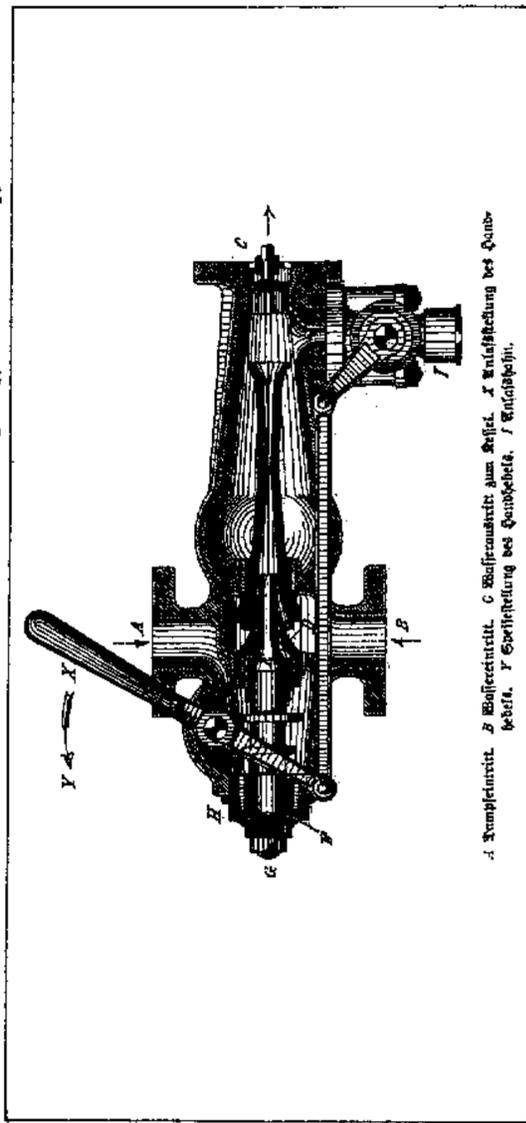


Bild 10.11.2/8: Injektor (Maschinenfabrik Schäfer & Budenberg, um 1890)

Bei großen Lokomobilen kamen auch automatische Injektoren zum Einsatz. Bei diesen Einrichtungen wurde die Speisewassermenge in der Regel in Abhängigkeit vom Kesseldruck selbsttätig angepasst. Diese „Automatik-Injektoren“ lieferten bei steigendem Kesseldruck mehr Speisewasser, bei fallendem Dampfdruck weniger. Die ständige Beobachtung der Wasserregulierung entfiel. Die Injektoren waren gegen die Atmosphäre vollständig abgeschlossen und besaßen keine „Schlabberventile“. Als Beispiel soll der Automatik-Injektor von Friedmann an dieser Stelle genauer betrachtet werden. Dazu vermerkt Pechan in seinem Leitfaden des Maschinenbaues von 1892:

„... Das aus einem Gußstück hergestellte Injectorgehäuse enthält drei Rohranschlüsse, u. zwar: A für den Dampfzufuß, B für das zufließende beziehungsweise anzusaugende Speisewasser und C für das nach dem Kessel zu fördernde vom Injector gelieferte Speisewasser. Überdies ist noch eine mit dem Auslaßhahn I versehene Öffnung seitlich vorhanden. Der Hahn I vertritt die Stelle des sonst üblichen Schlabberventils und ist bei Injanzsetzung des Injectors offen, während der Speisung aber stets geschlossen. Im Innern des Injectors befinden sich drei Düsen, nämlich eine achstal verschiebbare Dampföse E, d. i. die Hauptdampföse, eine zweite Düse D, d. i. die Nebendampföse und endlich eine dritte Düse, nämlich die Condensationsdüse, welche in ihrem erweiterten und gegen das Druckrohr zugekehrtem Ende den Druck-Conus formiert und die Mischungsdüse mit der ohne Unterbrechung angeschlossenen Fangdüse ... ersetzt. Die Außenfläche der Nebendampföse an ihrer Ausmündung in die Mischungsdüse bildet mit letzterer in dem dazwischen liegenden ringförmigen Hohlraum die Wasserdüse, d. i. diejenige Öffnung, durch welche das aus dem Wassernußrohr oder Saugrohr in die Wasserkammer des Injectors eintretende Wasser in die Condensationsdüse gelangt. Die Hauptdampföse E ist einerseits in der Nebendampföse D andererseits in der Verschlussklappe H solid geführt und vor der Injanzsetzung des Injectors durch den conischen Ansatz des Pfropfens G bei F verschlossen. Dieselbe stellt mit der Nebendampföse D einen kleinen Dampfweg her. Die achstale Verschiebung der Hauptdampföse E bei der Injanzsetzung des Injectors erfolgt durch einen auf der Achse des Handhebels X im Injectorgehäuse angebrachten Zahmes Z, welcher zwischen die beiden an der Dampföse vorhandenen Bänder eingreift ... Befindet sich der Handhebel X in der Anlaßstellung, wie gezeichnet, so ist der Dampfweg durch die Hauptdampföse E durch den conischen Ansatz des Pfropfens G bei F verschlossen, hingegen der mit dem Handhebel verkuppelte Auslaßhahn I offen. Wird nun dem Injector durch das Dampfrohr A Dampf zugeführt, so ist demselben nur der Ausweg durch den vorerwähnten ringförmigen Dampfweg zwischen der Hauptdampföse E und der Nebendampföse D offen und besorgt die dasebst austretende Dampfmenge von kleinem Querschnitt aber großer Oberfläche ein rasches Ansaugen des zu speisenden Wassers, welches durch den offenen Hahn I aufsteigt. Wenn dann der Handhebel X langsam ganz nach der Speisestellung Y bewegt, so wird die Hauptdampföse E vom conischen Ansatz des Pfropfens G abgeschlossen, wodurch die Speisung sofort erfolgt. Hauptdampföse bei F geöffnet und gleichzeitig der Hahn I abgeschlossen, wodurch die Speisung sofort erfolgt. Der früher zum Ansaugen des Wassers notwendige Ringspalt zwischen der Haupt- und Nebendampföse austretende Ringspalt bleibt auch nach dem Dampftritt durch die Hauptdampföse noch in Wirkung und besorgt bei richtiger Wahl der Düsenquerschnitte einen vollkommen automatischen Zutritt des Speisewassers in der Menge, wie sie der aus der Hauptdampföse E austretende und die eigentliche Druckwirkung ausübende Centraldampf stets benötigt, indem bei steigender Dampfspannung ein vermehrter Zutrieb, bei fallender Dampfspannung ein verminderter Zutrieb des Wassers durch den Ringdampf oder Nebendampf bewirkt wird.“



A. Dampfzufuß, B. Wasserzufuß, C. Wasserabfuhr zum Kessel, X. Handhebel, Y. Anlaßstellung des Handhebels, Z. Verschiebung des Handhebels.

Bild 10.11.2/9: Automatik-Injektor von Friedmann (1891)

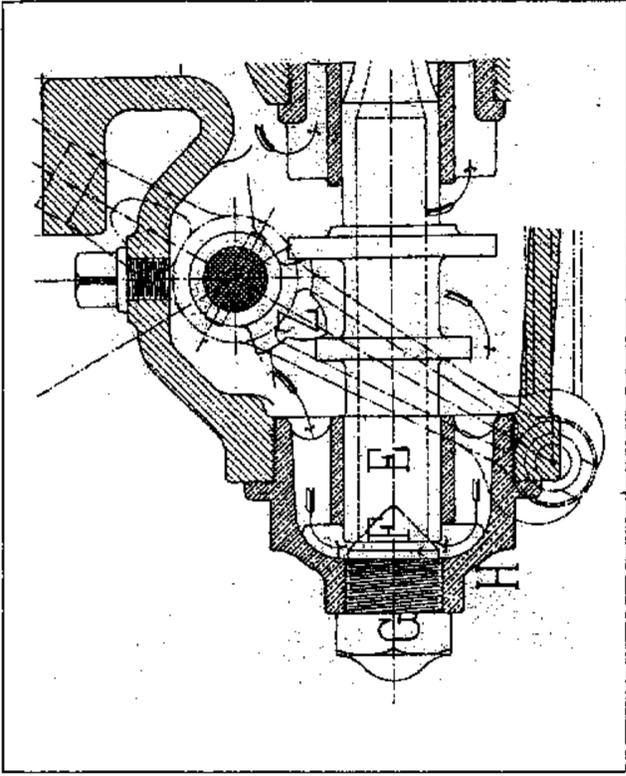


Bild 10.11.2/10: Einzelheit des Injektors

Das nachfolgende Bild zeigt beispielhaft die Anordnung eines Injektors der Maschinenfabrik Friedmann an einer fahrbaren Lokomobile.

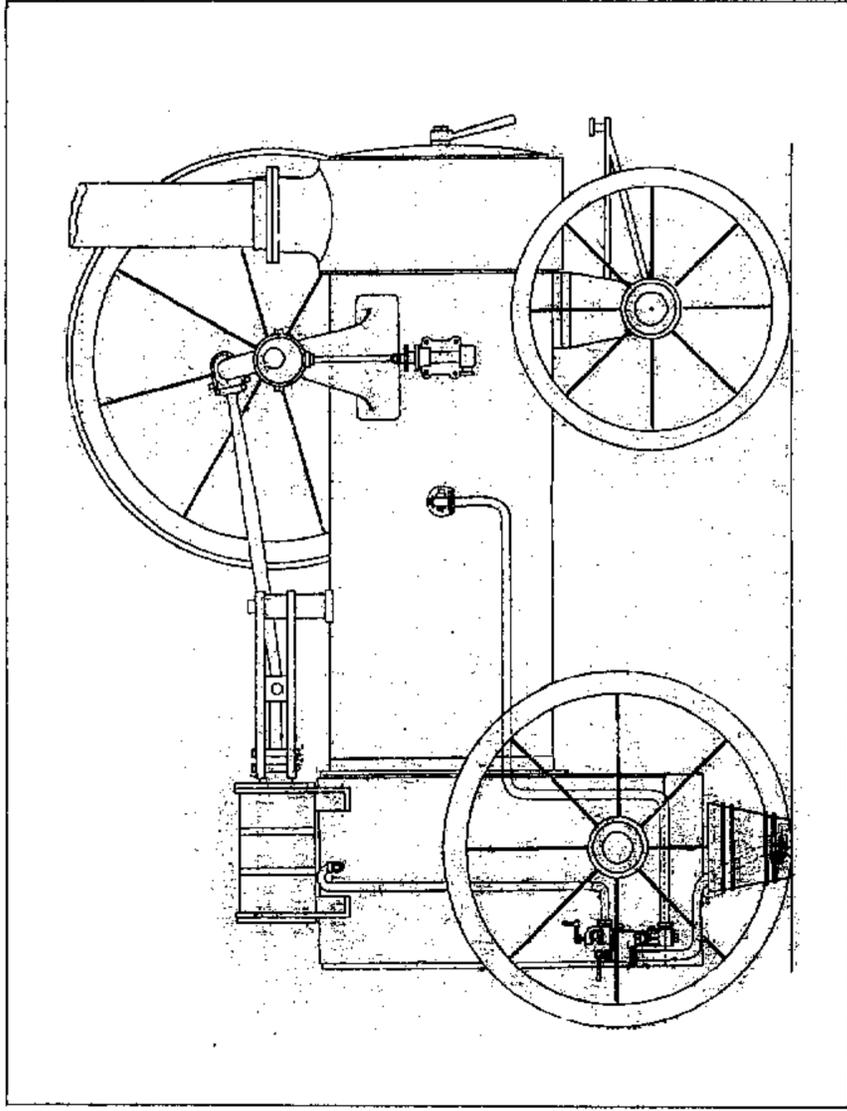


Bild 10.11.2/11: Anbau eines selbstansaugenden Injektors an einer Lokomobile (1886)





## 10.12 Einrichtungen zur Reinigung und Pflege der Lokomobilenkessel

### 10.12.1 Bemerkung

Beim Betrieb des Kessels setzen sich an den inneren Oberflächen Substanzen ab, die den Wärmeübergang an das Kesselwasser reduzierten. Diese Substanzen mussten von Zeit zu Zeit entfernt werden. Die Reinigung der Kessel umfasste zwei Bereiche, die „Feuerseite“ und die „Wasserseite“. An der Feuer-, Heizgas- und Rauchseite lagerten sich feste Partikel ab, die in den Heizgasen als „flüchtige Bestandteile“ mitgerissen wurden. Diese Rückstände waren vom Brennmaterial und der Feuerungsart abhängig. An den inneren Flächen, die vom Wasser umspült waren und der Wärmeübertragung dienten (Heizflächen), kam es aufgrund der großen Hitze zu verschiedenen Reaktionen zwischen Bestandteilen des Speisewassers, des Kondensatwassers und anderen eingeschleppten Substanzen (siehe Kapitel 8). Diese Ablagerungen an den inneren Flächen wurden weitgehend von der Qualität des Speisewassers bestimmt. Dabei ist zu beachten, dass auch bei guter Vorbereitung des Speisewassers das Kesselwasser nach einiger Zeit völlig andere Werte (Wasserhärte, ph-Wert etc.) besitzen konnte. Das Kesselwasser reichte sich im Betrieb an, es verschlechterte sich. Das führte mit zunehmender Kessel-Betriebsdauer zu immer schneller wachsenden Ablagerungen.

Beim Verdampfen des Wassers fielen oftmals im Wasser enthaltene Stoffe und gelöste Substanzen zum großen Teil als feste Stoffe aus. Weiche Rückstände von Verunreinigungen im Kesselwasser setzten sich nach dem Verdampfen am Kesselboden als Schlamm ab. Feste Ablagerungen bildeten sich vornehmlich an der Wasserseite der hitzebeaufschlagten Wände der Feuerbüchse, Flammrohre, Rauchrohre und der Kesselwände. Man bezeichnete diese Ablagerungen als mineralischen und organischen Stoffen als Kesselstein. Hauptbestandteil des Kesselsteins war Kalk (CaO). Weitere Bestandteile waren Schwefel- und Kohlensäure, Eisenoxyd, Tonerde u.a.m. Diese Ablagerungen beeinträchtigten die Wärmeübertragung im Kessel und führten zu einem Mehrverbrauch an Brennmaterial. Auch eine partielle Überhitzung der metallischen Kesselteile war durch die gestörte Wärmeübertragung möglich. Diese überhitzten Partien verformten sich und konnten im schlimmsten Fall zum Bersten des Kessels führen. Stücke des Kesselsteins konnten im Betrieb abplatzen. Sie sammelten sich am Kesselboden. Durch die kontinuierliche Verdampfung sammelten sich auch alle ausgefallenen Bestandteile des Kesselwassers am Kesselboden als Schlamm. Wurde Kondensatwasser zur Speisung mitverwendet lagerten sich, trotz Dampfentölung, mit der Zeit auch Fettrückstände ab, die z. T. an den Innenwänden festbrannten. Das eingesetzte Wasser konnte auch durch entsprechende Zusätze im Kessel behandelt werden. Diese Zusätze banden bestimmte Stoffe des Wassers und fällten sie meist als Schlamm aus (siehe Kapitel 8). An den nicht ständig vom Wasser benetzten Flächen konnte es ferner zu Rostbildungen kommen. Sowohl der Kesselstein als auch die Rückstände, die sich auf dem Kesselboden angesammelt hatten, mussten nach einiger Betriebszeit entfernt werden.

An der Feuerseite des Kessels lagerten sich die unterschiedlichsten Stoffe aus dem Feuer, den Heizgasen und dem Rauch ab. Im Wesentlichen waren das Schlacken, Asche, fester Glanzruß und loser Ruß. Diese Ablagerungen verminderten nach und nach die Wärmeleitung von den Heizgasen zum Kesselwasser und damit den Wirkungsgrad des Kessels. Auch sie mussten entfernt werden.

Eine weitere Erscheinung war die „Abnutzung“ von thermisch stark beanspruchten Teilen im Feuerraum. Je nach Kesselbauart waren besonders exponierte Teile der Rost (Roststäbe), die Feuerbrücke und die Feuerschirme. Sie mussten nach einiger Zeit gewechselt werden.

Ein wesentliches Augenmerk beim Dampfkesselbetrieb war darauf gerichtet, durch eine entsprechende Reinigung und Pflege die negativen Auswirkungen dieser Veränderungen rechtzeitig zu beseitigen oder zumindest zu reduzieren. Zur vollständigen Reinigung musste die Lokomobile außer Betrieb gesetzt und entleert werden. Um eine Reinigung durchführen zu können bedurfte es einiger Einrichtungen, die einen Zugang zu den „unzugänglichen“

Stellen ermöglichten. Sie mussten in irgendeiner Form an jeder Lokomobile vorhanden sein. Die größten Schwierigkeiten traten bei der Innenreinigung des Kessels auf. Folgende Einrichtungen zur Kesselreinigung waren notwendig:

- Mannlöcher,
- ersatzweise ausziehbare Innenkessel,
- entfernbar Dampfdomdecke,
- Handlöcher (Putzlöcher),
- Schlammablasslöcher,
- Rauchkammertür,
- Feuertür bzw. Feuertüren,
- Aschenklappen.

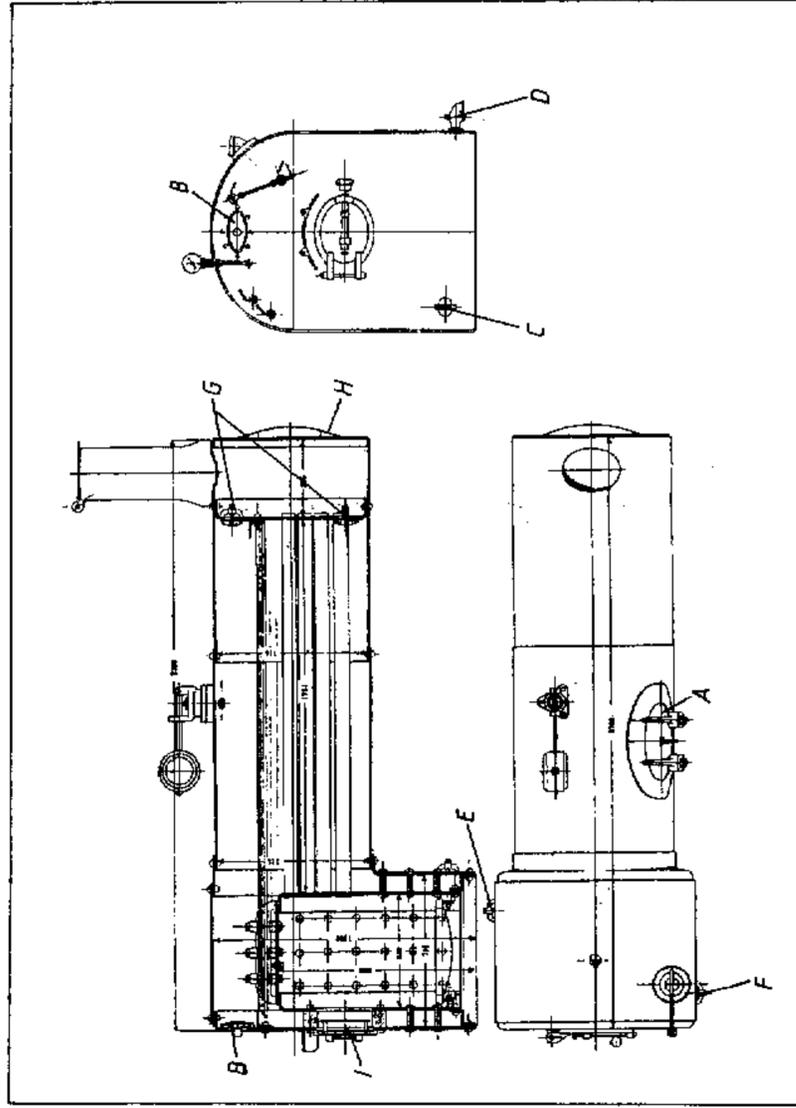


Bild 10.12.1/1: Reinigungsöffnungen am Kessel einer verfahrbaren Lokomobile (Beispiel)

Erläuterung:

- A großes Mannloch (Reinigung der Rauchrohre, Kesselinnenwand etc.)
- B Handloch (Reinigung der Feuerbüchsendecke etc.)
- C Handloch (Reinigung der Feuerbüchse (unten) etc.)
- D Schlammablassbahn
- E Handloch (Reinigung der Feuerbüchse (unten, vorne) etc.)
- F Handloch (Reinigung der Feuerbüchse (unten, hinten) etc.)
- G Handloch in der Rauchkammer (Reinigung der Rauchrohre, Kesselinnenwand etc.)
- H Rauchkammertür (Reinigung der Rauchrohre etc.)
- I Feuertür (Reinigung von Rost, Feuerbüchse etc.)

### 10.12.2 Mannlöcher, entfernbarer Dampfdomdecke

Mannlöcher dienen zur Innenreinigung des Kessels und zur inneren Inspektion (bei größeren Kesseln sprach man vom „Befahren“ des Kessels). Je nach Bauart war die Zugänglichkeit zu bestimmten Partien nur durch Arbeiten mit speziellen Werkzeugen möglich. Insbesondere die Reinigung der Rauchrohrbündel bereitete große Probleme. Die Entfernung von Kesselstein war meist nur mit langen Spezialmeißeln möglich. Die Anzahl der Mannlöcher richtete sich nach der Kesselbauart. Bei liegenden Rauchrohrkesseln mit Feuerbüchse, der gebräuchlichsten Kesselbauart bei verfahrbaren Lokomotiven, waren meist zwei Mannlöcher vorhanden, eines im Zylinderkessel und eines im Mantel der Feuerbüchse. Die Reinigungsarbeiten an den inneren Feuerbüchsenwänden wurden erleichtert, wenn im oberen Bereich zwei Mannlöcher vorhanden waren, eines an jeder Seite.

Jede größere Öffnung im Kesselmantel schwächte den Kessel. Für eine richtige Mannlochkonstruktion gab es Erfahrungswerte. Aus Festigkeitsgründen waren die Öffnungen immer elliptisch. Die lichte Öffnungsweite betrug ca. 40 - 45 cm, die Breite ca. 30 cm. Mannlöcher lagen immer mit ihrer Längsachse in Längsrichtung des Kessels. Die Einzelteile der Mannlöcher wurden in der Regel aus Schmiedeeisen hergestellt. Der Rand war kesselseitig durch einen aufgesetzten (meist aufgenieteten) Rand verstärkt oder nach innen gezogen. Der Mannlochdeckel selbst konnte aus einzelnen Teilen genietet sein oder in einem Stück als Pressteil ausgeführt sein. Bei kleineren Mannlöchern konnten der Rand und der Deckel auch aus Gusseisen bestehen. Der Deckel wurde immer von innen mit einer Überlappung von 2 bis 3 cm gegengesetzt. Der Deckel musste sorgfältig abgedichtet werden. Üblich waren getränkte Hanfschnüre. Der Kesseldruck verstärkte die Dichtwirkung. Zur Befestigung des Deckels dienten meist zwei Gewindebolzen und Bügelbrücken. Vier detaillierte Konstruktionen von Mannlöchern sind in der Tafel 10.12.2/1 dargestellt.

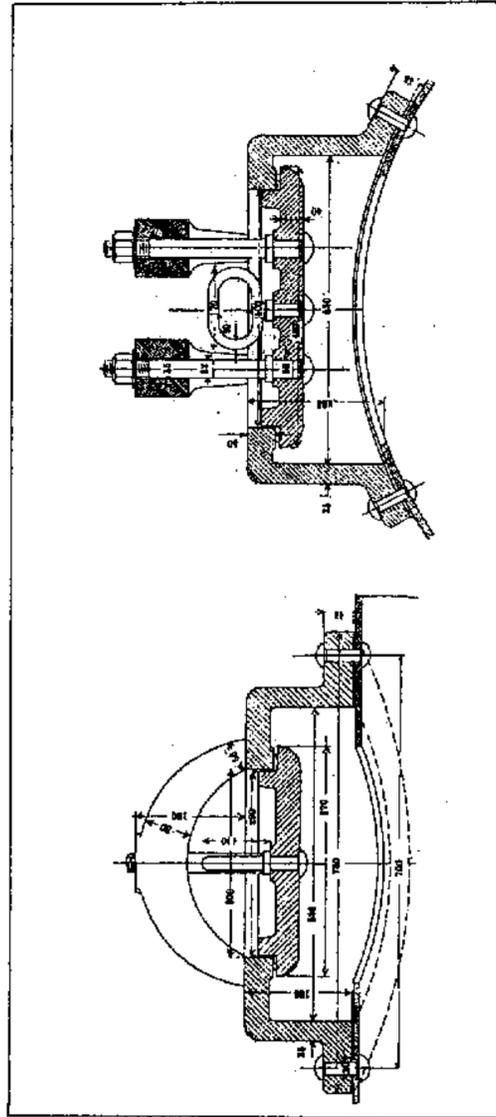


Bild 10.12.2/1: Gusseisernes Mannloch, 30 x 40 cm lichte Weite (bestehend aus Rand, Deckel, Brücken, Haltegriff und Verschraubungen)

In einigen Fällen war es von Vorteil, wenn für Reinigungszwecke die Decke des Dampfdoms abgenommen werden konnte. Der Dampfdom bzw. dessen Abschluss waren häufig gegossene Teile und die Flansche für beispielsweise die Sicherheitsventile waren mit angegossen. Der eigentliche Deckel war ähnlich ausgeführt wie der für die Mannlöcher im Kesselmantel. Mannlöcher und Dampfdomdecke zählen zu den „groben Armaturen“.

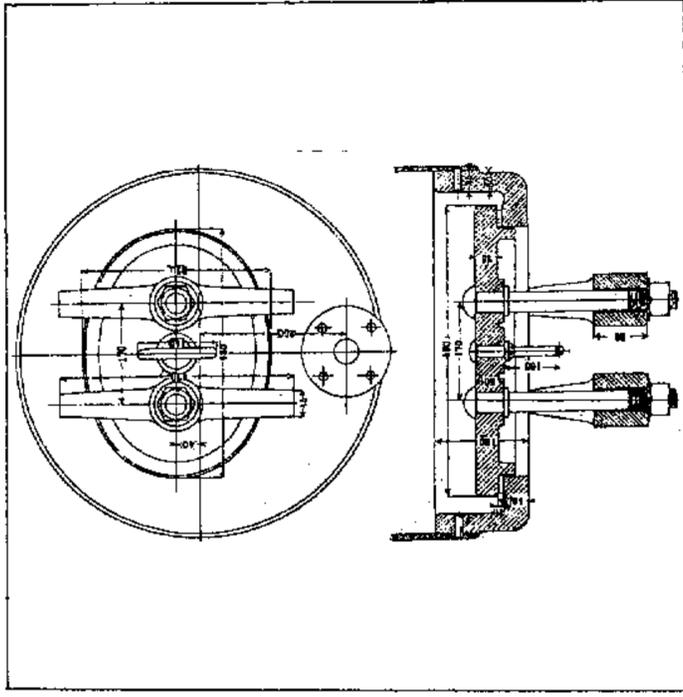


Bild 10.12.2/2: Entfernbarer Dampfdomdecke, lichte Weite 30 x 40 cm (bestehend aus Deckel, Brücken, Haltegriff und Verschraubungen)

### 10.12.3 Ausziehbare Innenkessel, entfernbarer Kesselteil

Eine deutliche Vereinfachung der Innenreinigung erlaubten Kessel, bei denen man äußere oder innere Teile entfernen konnte. Der Aufwand zum Entfernen war zwar relativ hoch, aber durch die bessere Zugänglichkeit sparte man viel Zeit. Am bekanntesten sind liegende Kessel mit Feuerbüchse und vorgehenden Rauchrohren (siehe Abschnitt 10.3). Der gesamte Innenkessel war ein separates Teil. Der Innenkessel war vorne und hinten mit dem Zylinderkessel über Flansche verschraubt. Nach Lösen der Verschraubungen konnte er komplett herausgezogen werden und war zur Reinigung von allen Seiten zugänglich. Insbesondere die vordere Stirnseite der Feuerbüchse mit den eingewalzten Rauchrohren, die bei einteiligen Kesseln nahezu unzugänglich war, konnte jetzt mit speziellen Meißeln von Kesselstein befreit werden.

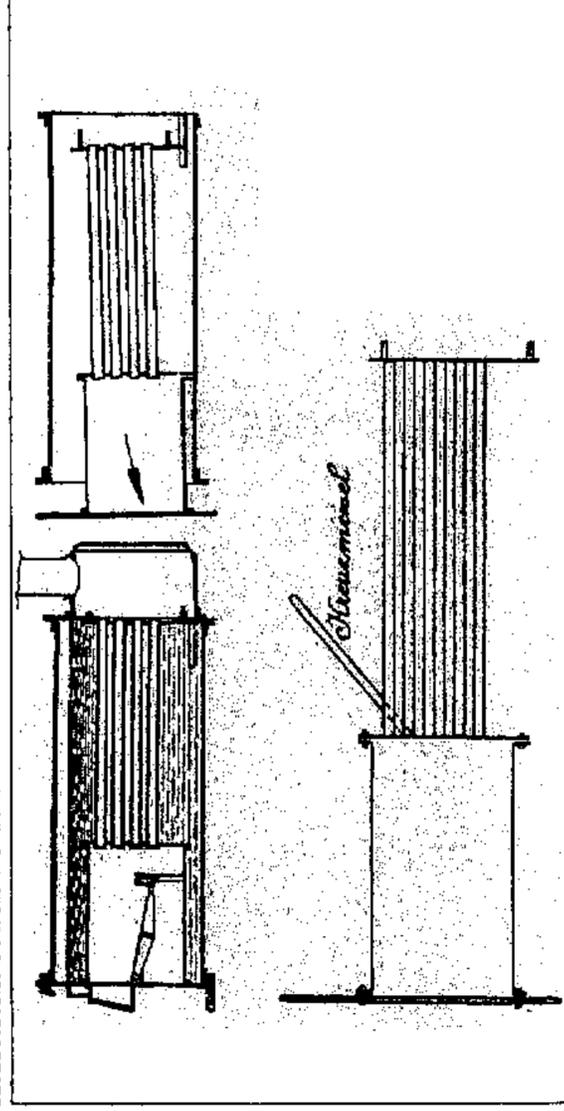


Bild 10.12.3/1: Liegender Lokomobilkessel mit herausziehbarem Innenkessel

Es gab auch Stehkessel mit abnehmbarem Kesselteilen. Üblich war es, einen Teil des Außenkessels (Kesselmantels) abnehmbar zu machen. Der Kesselmantel bestand aus zwei Teilen. Zur Reinigung konnte der obere Teil hochgehoben werden. Die Konstruktion wurde schon bei der Behandlung der Stehkessel (Abschnitt 10.4) vorgestellt

#### 10.12.4 Schlamm- und Handlöcher

Schlamm- und Handlöcher (Putzlöcher) waren kleine Öffnungen in der äußeren Kesselwand. Sie dienten zur Reinigung an exponierten Stellen, an denen sich aufgrund der konstruktiven Ausführung des Kessels leicht Rückstände und Kesselstein ablagern konnten. Ihre Größe lag üblicherweise bei 10 bis 15 cm. Sie waren oval oder kreisförmig. Bei ovalen Öffnungen wurde der Deckel von innen gegengesetzt. Die Befestigung, es reichte ein Bügel, entsprach der der Mannlöcher. Die Deckel kreisrunder Schlamm- und Putzlöcher setzte man von außen gegen. Sie wurden mit Gewindebolzen verschraubt.

#### 10.12.5 Rauchkammertür

Zur Reinigung der von den Heizgasen berührten Flächen mussten beispielsweise alle Rauchrohre regelmäßig mit Kratzern und Bürsten gereinigt werden. Sie waren am einfachsten von vorne zugänglich. Die Rauchkammer besaß daher eine abschraubbare oder schwenkbare Tür. Sie musste so groß sein, dass alle Innenteile des Kessels erreicht werden konnten. Im Betrieb musste die Rauchkammertür zur Vermeidung von Nebenzug luftdicht schließen.

#### 10.12.6 Feuertür

Die Feuertür (bzw. die Feuertüren) dienten nicht nur zur Beschickung, sie erlaubte auch die Reinigung der Feuerbüchse, der Rauchrohre u.a.m. und des Rosts. Verbrauchte Roststäbe konnten über die Feuertür ausgetauscht, verschlissene Feuerbrücken repariert und Feuerschilde gereinigt oder getaucht werden.

#### 10.12.7 Aschenklappen

Die Reinigung des Rosts von Schlackenresten konnte auch von unten durch die Aschenklappe vorgenommen werden. Gereinigt wurde mit Kratzern und Meißeln. Der Aschenkasten braucht dabei nicht entfernt werden.

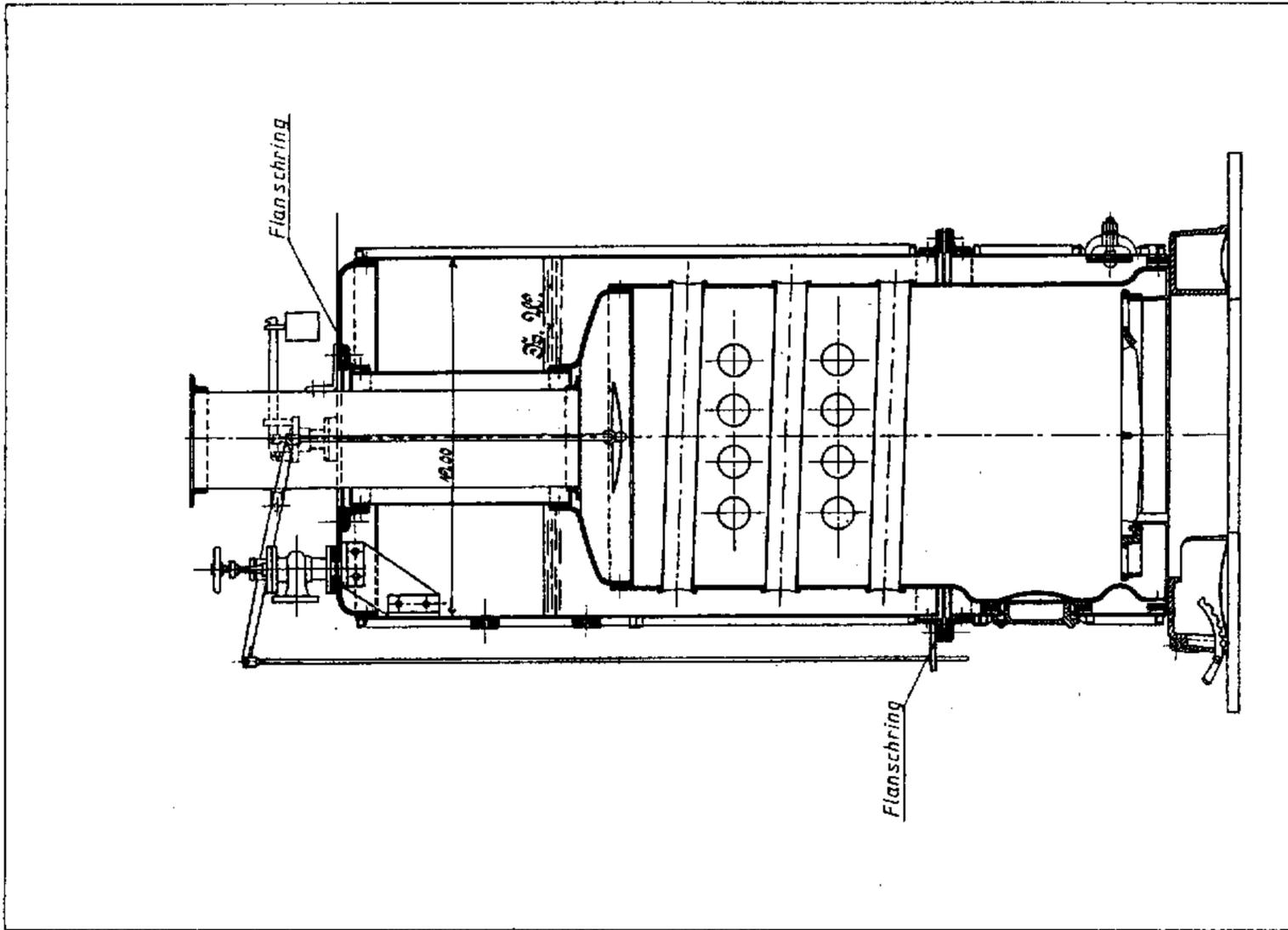


Bild 10.12.3/2: Stehkessel mit abnehmbaren, oberen Außenkessel

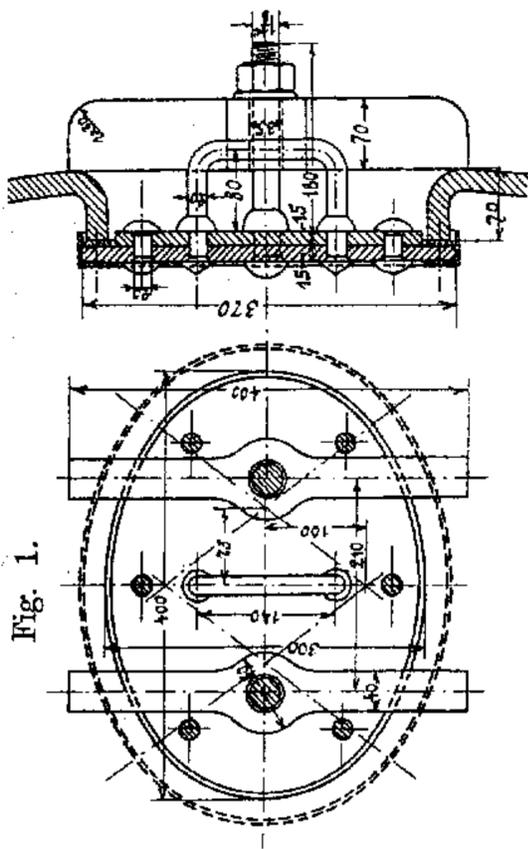


Fig. 1.

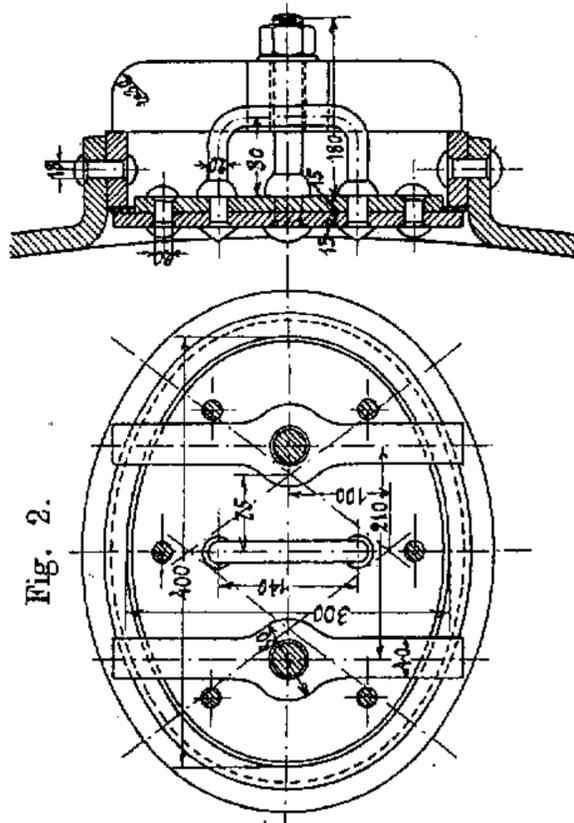


Fig. 2.

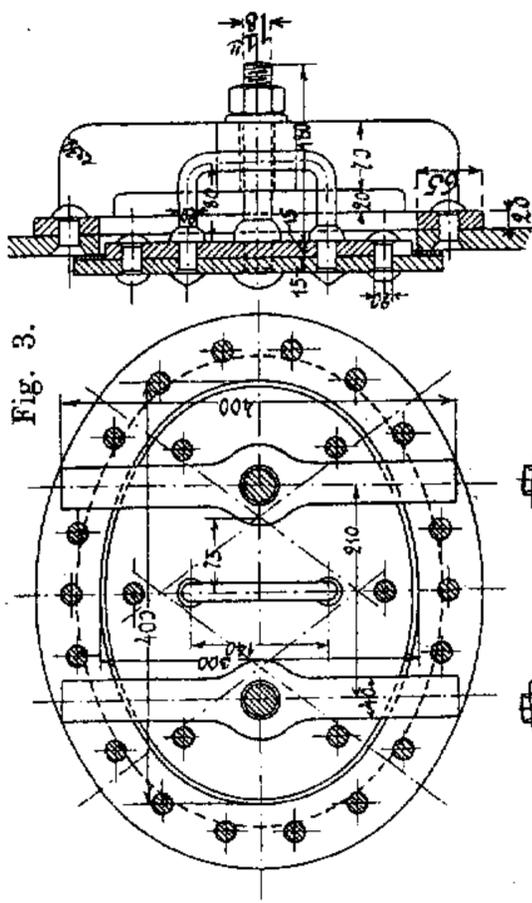


Fig. 3.

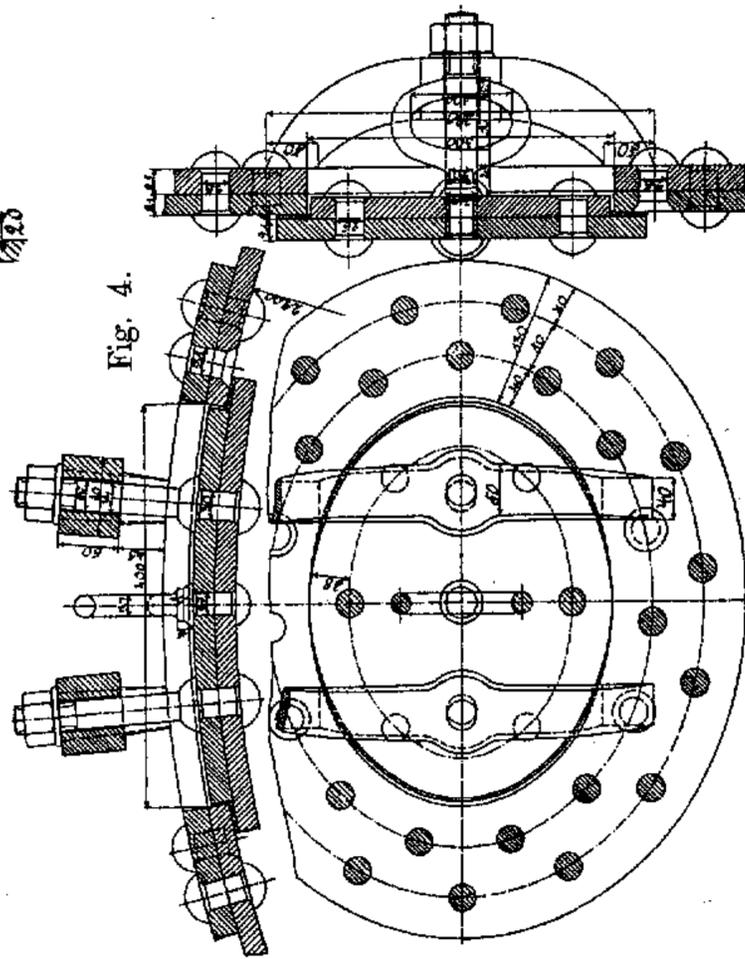


Fig. 4.

- Fig. 1: Genieteter Mannlochdeckel für nach innen gezogene Öffnung im Kessel  
(Kesseldrücke bis ca. 6 at Überdruck)
- Fig. 2: Genieteter Mannlochdeckel für nach außen gezogene Öffnung im Kessel  
(Kesseldrücke bis ca. 6 at Überdruck)

- Fig. 3: Genieteter Mannlochdeckel, Öffnung im Kessel mit Rand verstärkt  
(Kesseldrücke bis ca. 8 at Überdruck)
- Fig. 4: Genieteter Mannlochdeckel, Öffnung im Kessel mit Rand verstärkt  
(Kesseldrücke bis ca. 12 at Überdruck)

## Tafel 10.12.1/1: Werkstattzeichnungen von Mannlochdeckeln

(lichte Weite 30 x 40 cm, um 1900)

### 10.13 Ablassrichtungen

Das Kesselwasser musste nach einiger Zeit teilweise oder ganz erneuert werden. Dazu dienten spezielle Ablassrichtungen. Die Zeitspanne hing stark von der Qualität des Speisewassers ab und davon, ob das Wasser im Kessel nachbehandelt wurde. Die Spanne reichte von einigen Wochen bis zu mehreren Monaten. Auch bei Reparaturarbeiten am Kessel, sowie zur Reinigung und Überprüfung musste das Wasser vollständig abgelassen werden. Feste Rückstände sammelten sich am Kesselboden als Schlamm. Auch dieser wurde mit Hilfe der Ablassrichtung aus dem Kessel entfernt. Die Funktion der Ablassrichtung ging aber weiter. Sie musste auch geeignet sein, während des Betriebes kurzzeitig Schlamm und sonstige Ablagerungen abführen zu können.

Ablassrichtungen lagen an den tiefsten Stellen der Wasserräume des Kessels. Bei kleineren verfahrenbaren Lokomobilen war durch die gute Zugänglichkeit ein tiefer gesetztes Schlammlloch mit einem Verschluss, zumeist ein Hahn mit großem Querschnitt, ausreichend. Bei einigen Kesseln wurden auch einfache Handlöcher zum Ablassen mitgenutzt. Bei großen Lokomobilen kamen spezielle Ablasshähne oder Schieber zum Einsatz. Sie waren meist über Stutzen am Kessel angeflanscht. Bei eingeschränkter Zugänglichkeit wurde ein Ablassrohr seitlich vom Kessel zur Ablassrichtung geführt. Ventile wurden seltener verwendet, da sie durch den abgehenden Schlamm leicht verschmutzten und nicht mehr richtig zu schließen waren. Wenn man Ventile einsetzte, so lag dessen Spindel oft in einem spitzen Winkel zur Durchgangsrichtung. Der Durchgang war weitgehend frei und konnte nicht verstopfen. Die lichte Weite der Ablassrichtungen richtete sich nach Art und Größe des Kessels. Das vollständige Ablassen des Kesselwassers durfte nur bei drucklosem Kessel und vollständiger Abkühlung erfolgen. Wenn während des Betriebs kurzzeitig Schlamm abgelassen werden sollte, wurden besondere Absperrorgane eingesetzt. Die Ablassrichtung musste gut zugänglich sein. Das verbrauchte Kesselwasser ging direkt oder über Rohrleitungen in entsprechende Auffangwannen. Dort konnten die festeren Bestandteile ausfallen, das Wasser wurde danach abgelassen.

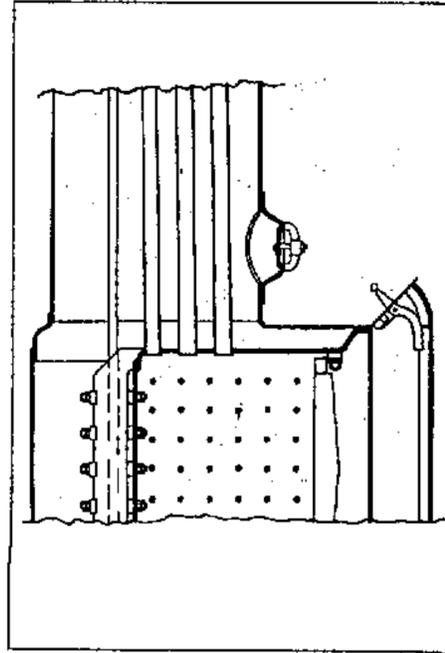


Bild 10.13/1:  
Schlammablass am Kessel  
einer verfahrenbaren Lokomobile  
(Schlammlloch)

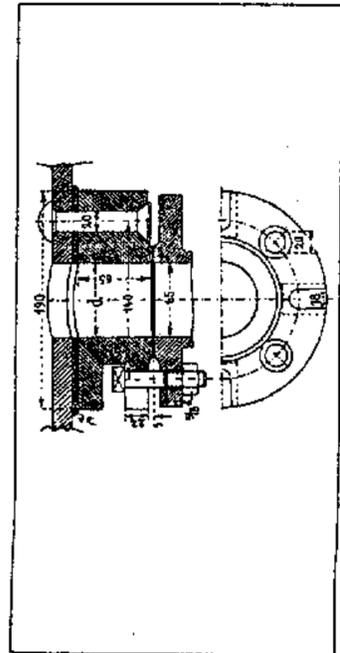


Bild 10.13/2:  
Angenieteter Ablassstutzen aus  
Gusseisen mit Flansch,  
Schlitzbefestigung für den  
Ablasshahn bzw. Krümmer

Durch die Lage der Ablassrichtungen kam es zwangsweise zu einer ungleichmäßigen Erwärmung dieser Einrichtung. Oft waren die Gehäuse der Ablassrichtungen am heißen Kessel angeflanscht und der restliche Teil wurde von der Umgebungsluft abgekühlt. Infolge der ungleichmäßigen Erwärmung waren die Ablassrichtungen selten dicht. Eine rustikale Möglichkeit war dann das Dichtflanschen des Ablassanschlusses. Bei größeren Maschinen und Halblokomobilen wurde zur Sicherheit oft ein Ventil zwischen dem Ablasschieber bzw. Ablasshahn und dem Kesselanschluss geschaltet. Eine bessere Alternative waren Ablasshähne mit ständiger Vorwärmung. Das Beispiel zeigt einen doppelwandigen Ablasshahn. Der Mantel am Kükten (die sogenannte Vorwärmkammer) bewirkte, da er ständig vom heißen Kesselwasser umgeben war, eine gleichmäßige Erwärmung des gesamten Hahns. Das Kükten war hohl ausgeführt. Der Innenraum war auch bei geschlossenem Kükten mit heißem Kesselwasser verbunden. Gehäuse und Kükten hatten immer gleiche Temperatur. Das sicherte eine leichte Beweglichkeit und gute Dichtigkeit.

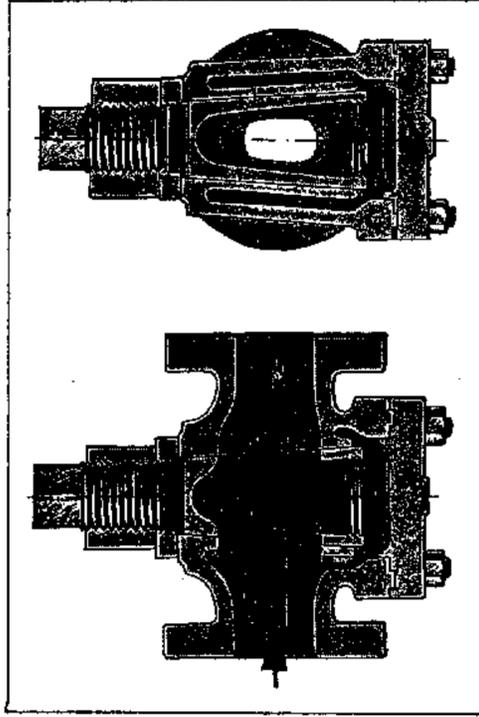


Bild 10.13/3:  
Doppelwandiger Ablasshahn  
(Klein, Schanzlin & Becker,  
Frankenthal (1912))

Das regelmäßige Abschlämmen des Kessels war ein probates Mittel um die Kesselsteinbildung zu verringern. Bei hartem, stark belastetem Wasser war das tägliche Ausschwemmen angeraten. Ein Teil der kesselsteinbildenden Substanzen wurde dabei ausgeschwemmt. Große Kessel bei Halblokomobilen wurden bei sehr starker Schlammbildung z.T. auch mit speziellen Ventilen abgelassen. Das Ausschwemmen erfolgte unter Druck bei Normalbetrieb des Kessels. Bei der unten gezeigten Ablassrichtung konnte der Schlamm unter vollem Kesseldruck abgelassen werden. Der Ventilegel konnte wegen der starken Verschmutzung bei Bedarf mit einem Handrad eingeschlifft werden.

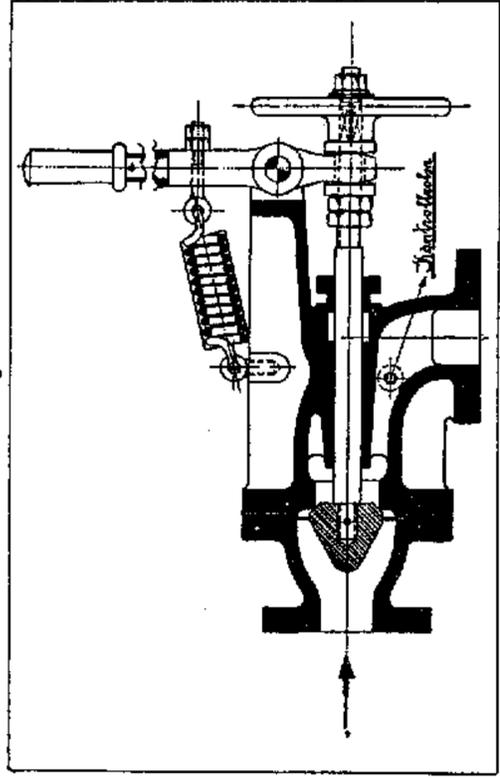


Bild 10.13/4:  
Schlamm-Ablassventil  
mit Hebelbetätigung  
(System Baltes, 1921)

### 10.14 Einrichtungen zur Überhitzung des Dampfes

Schon früh war bekannt, dass der im Kessel erzeugte Dampf „mitgerissene“ Wasserpartikel enthält, die zum Ausfällen (kondensieren) neigten. Der Dampf war „nass“. Nasser Dampf konnte zu Störungen an der Dampfmaschine führen. Es war üblich, entsprechende Entwässerungseinrichtungen an den tiefsten Stellen der Dampfleitungen vorzusehen. Bei Lokomotiven, insbesondere bei verfahrenen, war diese Maßnahme im Allgemeinen nicht erforderlich, da die Rohrleitungen aufgrund der kompakten Bauweise sehr kurz waren. Entwässerungseinrichtungen kamen bei ihnen nur an besonders exponierten Stellen zum Einsatz, an denen sich beim Anfahren Wasser niederschlug, beispielsweise an kühlen Partien der Zylinder (Zylinder-Entwässerungshähne). Im normalen Maschinenbetrieb war ein Wassergehalt von 3 % im Dampf noch nicht störend. Man bezeichnete den Dampf dann als „technisch trocken“. Wenn man weiter Wärme zuführte, konnten auch die letzten flüssigen Bestandteile in Dampf verwandelt werden. In einem geschlossenen System bewirkte die weitere Wärmezufuhr eine Temperaturerhöhung bei gleichzeitiger Drucksteigerung. Der so gebildete Dampf wurde als „überhitzter Dampf“ bezeichnet. Beim Lokomotivenbetrieb lagen die Verhältnisse anders, das System war „offen“, das Dampfvolument war durch die angeschlossene Dampfmaschine nicht abgeschlossen. Man erzeugte überhitzten Dampf bei nahezu gleichbleibendem Druck.

Die technischen Einrichtungen dazu waren die Überhitzer. Im Prinzip leitete man bei ihnen den im Kessel gebildeten Dampf durch ein von den Heizgasen von außen erwärmtes Röhrensystem. Durch die Verbindung von Kessel und Dampfmaschine blieb der Druck, wie erwähnt, in etwa konstant, aber durch die Wärmezufuhr vergrößerte sich das Volumen des Dampfes erheblich (Überhitzung). Um 1 kg Dampf um 1° C zu überhitzen waren 0,51 WE zuzuführen. Gegenüber gesättigtem Dampf zeigte überhitzter Dampf bei gleichem Druck eine höhere Temperatur, ein größeres Volumen und eine geringere Dichte. Man konnte daher bei der technischen Nutzung dem überhitzten Dampf eine bestimmte „Wärmeenergie“ entziehen, bis er zu Sattdampf wurde (bei gesättigtem Dampf hätte eine geringe Abkühlung sofort zur Kondensation geführt). Durch das Überhitzen wurde die im Dampf gespeicherte thermische Energie, damit letztendlich auch die in der Maschine nutzbare Energie, deutlich erhöht. Dem Sattdampf kann theoretisch die „Wärmemenge“ entzogen werden, die zur Überführung des Wassers in Dampf aufgebracht worden ist. Dementsprechend wird in der historischen Literatur die gesamte Verdampfungswärme aus zwei Anteilen bestehend beschrieben: der „inneren Verdampfungswärme“ und der „äußeren Verdampfungswärme“. Erste systematische Versuche mit überhitztem Dampf bei Dampfmaschinen wurden in den 1850er Jahren durchgeführt. In der Praxis konnten Überhitzer zwei Funktionen haben, zum einen Trocknen des „nassen Dampfes“ und zum anderen die eigentliche Überhitzung. Der zweite Aspekt steht hier im Vordergrund. Bei der Überhitzung wurden zuerst alle mitgerissenen Wasserteilchen verdampft (Nachverdampfung), danach diente die weiter zugeführte Wärmeenergie zur Vergrößerung des Dampfolumens. Zur Füllung des Dampfzylinders wurde dadurch eine geringere Dampfmenge benötigt. Durch die Überhitzung wurde bis zu 40 % weniger Dampf und 25 % weniger Brennmaterial benötigt. Die Ersparnis an Brennmaterial war stark von der Temperaturdifferenz zwischen Sattdampf Temperatur und Überhitzungstemperatur abhängig. Näherungswerte aus vorliegenden Betriebsverfahren können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Aus der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Ersparnisse mit zunehmender Überhitzungstemperatur wachsen. Deutlich wird auch, dass eine geringe Überhitzung wenig Vorteile bietet.

Sattdampf Druck	Temperaturdifferenz der Überhitzung			
	30° C	50° C	100° C	200° C
Temp. Sattdampf	Brennstoffersparnis			
6	5 %	7,5 %	13 %	17 %
10	4 %	6,5 %	12 %	16 %
14	3,5 %	6 %	11 %	15 %

Bild 10.14/1: Brennstoffersparnis durch Überhitzung

Eine andere Tabelle gibt die Brennstoffersparnis direkt in Abhängigkeit von der Temperatur des überhitzten Dampfes und dem Dampfdruck an. Ersichtlich ist, dass, wie oben dargestellt, die Brennstoffersparnis mit steigender Temperatur des überhitzten Dampfes wächst, die Ersparnis aber mit steigendem Dampfdruck wieder abnimmt. Je niedriger die Überhitzungstemperatur ist, umso größer ist dieser Einfluss.

Temperatur des überhitzten Dampfes in Graden Cels.	Spannungen des Dampfes in Atm.				
	4	6	8	10	12
	Ersparnis in Prozent				
200	7,1	5,2	3,7	2,4	1,3
240	11	10	8,6	7,3	6,3
280	16	14,3	12,8	11,5	10,3
320	19,6	17,9	16,6	15,5	14,6
360	22,7	20,9	19,8	18,8	18
400	24,2	23,9	22,6	21,4	20,3

Bild 10.14/2: Brennstoffersparnis in Anhängigkeit von der Überhitzungstemperatur und dem Dampfdruck

Der Einsatz von Überhitzern war am Anfang der Entwicklung unüblich. Die hohen Dampftemperaturen führten zu Problemen. Es gab keine geeigneten Schmiermittel für die Kolbenschnürung und die Dichtungen hielten nicht stand. Ab etwa 1870 fand die Überhitzung bei fahrbaren Lokomotiven in der Praxis eine gewisse Verbreitung. R. Wolf, einer der großen Lokomotivhersteller in Deutschland, setzte seit Anfang der 1880er Jahre überhitzten Dampf bei seinen Maschinen ein. Im 20. Jahrhundert gelang es bei Halblokomotiven durch den Einsatz spezieller Überhitzer Gesamtwirkungsgrade zu erreichen, die das Niveau guter stationärer Großanlagen erreichten. Es gab zwei unterschiedliche Bauarten bei Überhitzern: direkt gefeuerte und indirekt gefeuerte. Bei den direkt gefeuerten kam je Überhitzer eine eigene Feuerung zum Einsatz. Bei den indirekt gefeuerten wurde die Hitze der Kesselfeuerung zur Überhitzung genutzt. Meist waren das die heißen Rauchgase. Bei Lokomotiven kamen nur indirekt gefeuerte Überhitzer zum Einsatz. Sie waren im Allgemeinen in der verlängerten Rauchkammer untergebracht. Da bei Überhitzung die Rostfläche und die Heizfläche kleiner gehalten werden konnten, bauten Lokomotiven mit Überhitzer bei vergleichbarer Leistung nicht wesentlich größer als Maschinen ohne Überhitzer. Für die zweckmäßige Größe der Heizfläche des Überhitzers gab es Richtwerte. In der Regel lag sie bei 1/3 bis 1/4 der Kesselheizfläche. Zur Wärmeübertragung waren drei Verfahren gebräuchlich. Bei den Gegenstromüberhitzern traf der heißeste Dampf zuerst auf die heißesten Rauchgase. Dampf und Heizgase hatten die

entgegengesetzte Bewegungsrichtung. Die Energie der Rauchgase wurde dabei besser genutzt. Bei den Gleichstromüberhitzern traf der kaltere Dampf zuerst auf die heißesten Rauchgase. Dampf und Heizgase hatten die gleiche Bewegungsrichtung. Die dritte Gruppe bildete eine Kombination von Gleich- und Gegenstromüberhitzern.

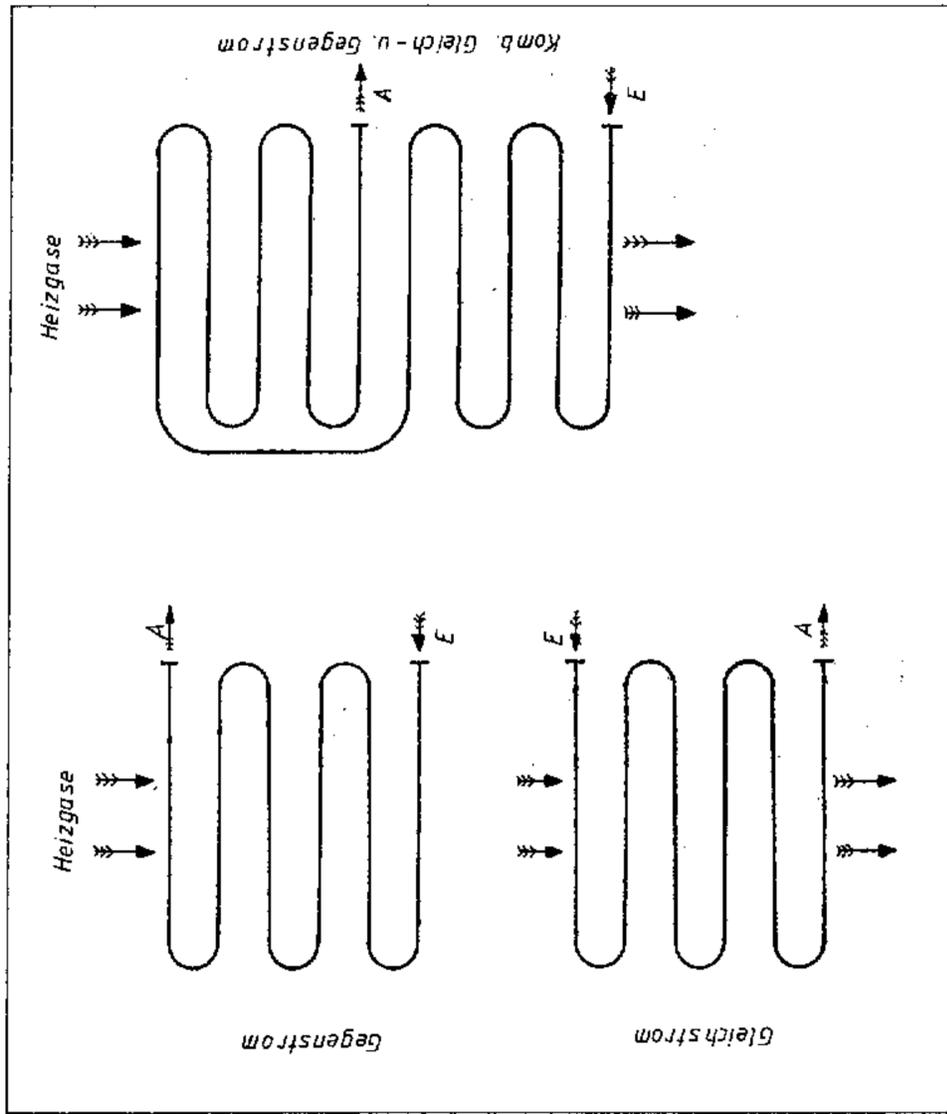


Bild 10.14/3: Prinzip der Gegenstrom-, Gleichstrom- und der kombinierten Überhitzer

Ein weiteres Merkmal der Überhitzer war noch die Aufteilung des zu überhitzenden Dampfes. Der Dampf konnte in einem Strom durch den Überhitzer geleitet werden oder in mehrere Teilströme aufgeteilt werden. Man sprach von Hintereinander- und Parallelschaltung der Überhitzerrohre. Am Anfang kamen bei Lokomobilen in der Rauchkammer liegende, einfache Topfüberhitzer zum Einsatz. Die Heizgase wurden durch mehrere Röhren geschickt, der Dampfraum war außen. Später wurden zumeist Rohrschleifen- oder Schlangenrohr-Überhitzer verwendet. Die Rohre wurden in „Paketen“ in der Rauchkammer untergebracht. Wenn der Platz nicht reichte wurde die Rauchkammer etwas verlängert, ggf. auch deren Durchmesser vergrößert. Die Überhitzerteile mussten so kompakt wie möglich gebaut sein. Zur Reinigung mussten sie leicht herausgezogen werden können. Insbesondere beim nachträglichen Einbau von Überhitzern mussten die Temperaturverhältnisse in den Zügen und in der Rauchkammer vorher genau gemessen werden. Bei ungünstigen Bedingungen konnte es vorkommen, dass nach dem Einbau des Überhitzers die Leistung des Kessels fiel. Des Weiteren waren die Zugverhältnisse zu berücksichtigen. Überhitzer verminderten den Zug. Ggf. musste durch geeignete Maßnahmen der Kaminzug verstärkt werden.

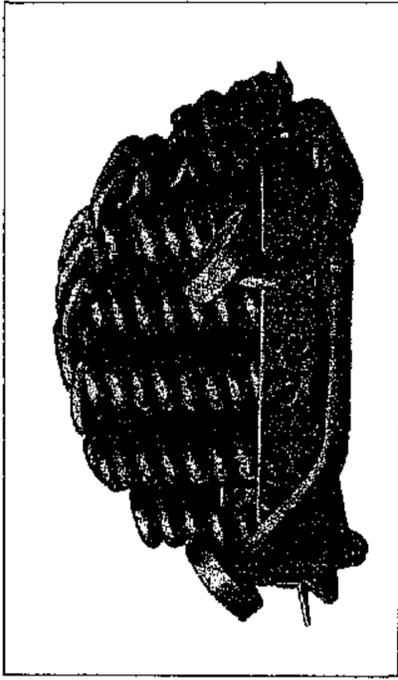


Bild 10.14/4: Dampfüberhitzer-Paket für den Rauchkammereinbau

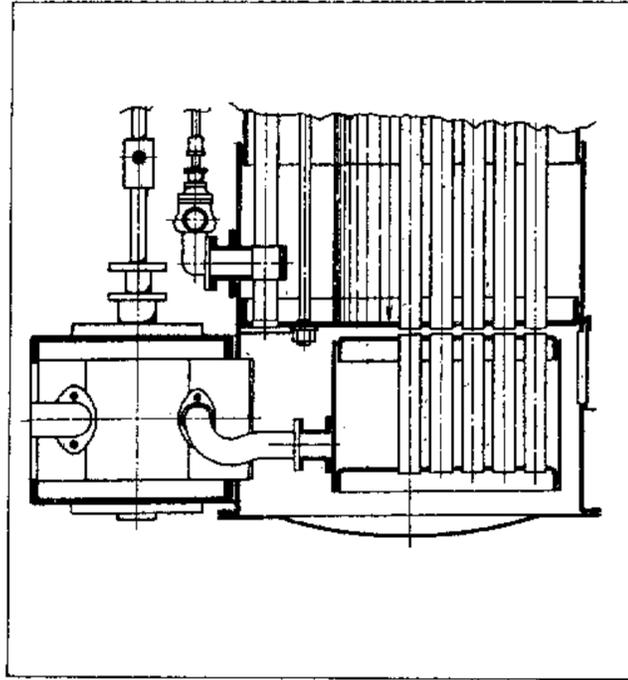


Bild 10.14/5: Ältere Überhitzerbauart (Topfüberhitzer) in der Rauchkammer einer Halblokomobile (Maschinenfabrik Buckau, 1862)

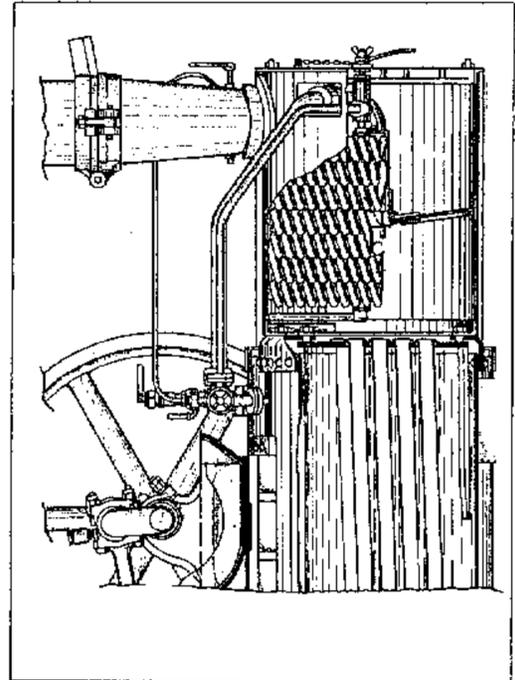


Bild 10.14/6: Überhitzer in der Rauchkammer einer fahrbaren Lokomobile (1908)

Bei Halblokomobilen größerer Leistung, beispielsweise Maschinen mit Tandemtriebwerken, wurden mehrstufige Überhitzer eingesetzt. Bei der modernen Maschine von R. Wolf ging der in der ersten (inneren) Rohrschlinge überhitzte Dampf in den Hochdruckzylinder, danach in einen weiteren Überhitzer, der aus mehreren Rohrbündeln bestand und von dort in den Niederdruckzylinder.

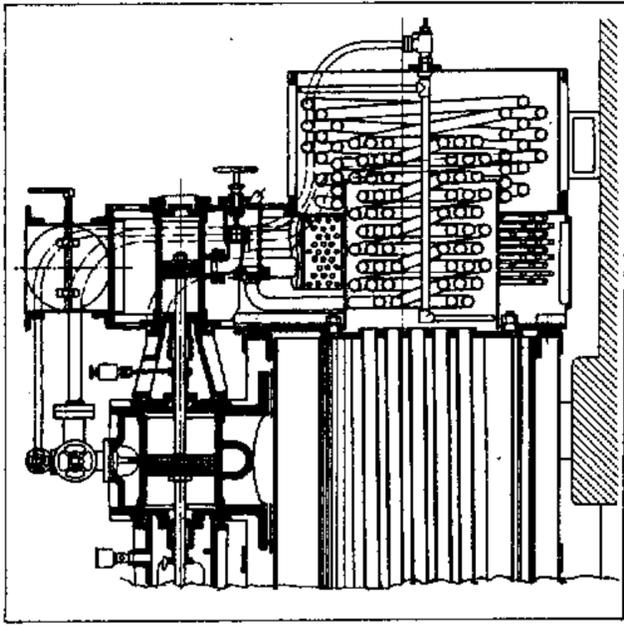


Bild 10.14/7:  
Überhitzer einer Halblokomobile  
(Maschinenfabrik R. Wolf,  
Magdeburg-Buckau, 1910)

Überhitzer wurden auch bei stehenden Lokomobilenkesseln eingesetzt. Im folgenden Bild ist ein Heißdampfessel System Schmidt dargestellt, der für hoch überhitzten Dampf ausgelegt war.

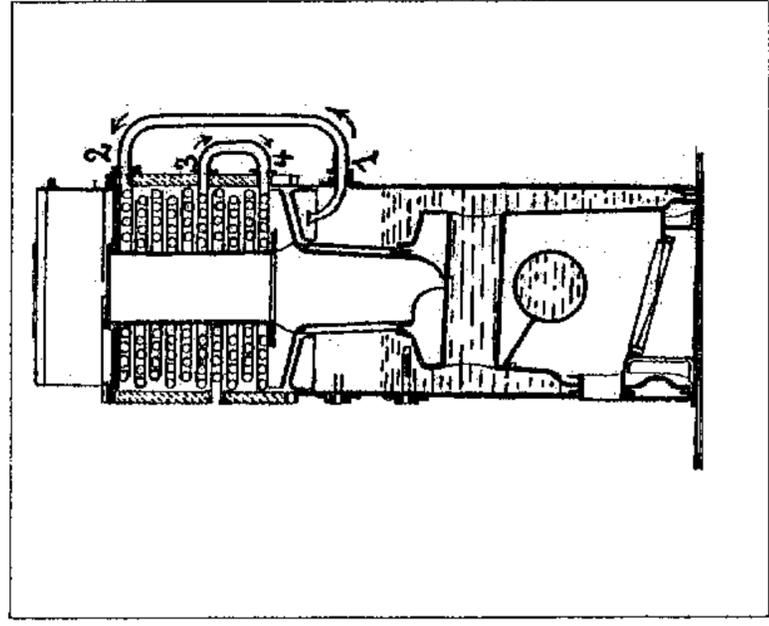


Bild 10.14/8:  
Stehkessel mit Überhitzer  
Der Ascherslebener Maschinenbau-A.-G.  
(1908)

Ähnlich wie die Entwicklung bei den Kesseln und Lokomobilmaschinen verlief auch die der Überhitzer. Sie wurden immer kompakter und leistungsfähiger. Moderne Ausführungen in den 1920er Jahren waren mit Reinigungseinrichtungen ausgerüstet, die während des laufenden Betriebs Ablagerungen entfernen konnten. Zur vollständigen Reinigung konnten sie als komplette Einheit mit wenigen Handgriffen aus der Rauchkammer herausgezogen werden. Die nachfolgenden Bilder und die **Tafel 10.14/1** zeigen als praktisches Beispiel einen Überhitzer für Halblokomobile der Maschinenfabrik Henschel & Sohn aus Kassel aus dem Jahr 1924. Die Firma bezeichnete ihn als „Feinstromüberhitzer“ für den Rauchkammereinbau. Eingesetzt wurde er in den Industrielokomobilen des Herstellers. Der Überhitzer hatte eine sehr große Zahl an Rohrschlangen mit relativ kleinem Durchmesser. Die Rohrschlangen waren stehend angeordnet und mündeten in seitlichen Dampfsammelern. Stehende Rohrschlangen hatten den Vorteil, dass sich Ruß und Flugasche nur schwer ablagern konnten. Der Überhitzer hatte einen eigenen Blechmantel. Die Luftschicht zwischen dem Überhitzermantel und dem Rauchkammernmantel wirkte als Isolierung. Der Satteldampf des Kessels wurde an der Stirnwand der Rauchkammer zum im Gegenstrom arbeitenden Überhitzer geleitet. Der Kesseldruck lag bei bis zu 15 at Überdruck. Durch die Anwendung des Gegenstromprinzips konnten die Heizgase erheblich unter die Temperatur des überhitzten Dampfes abgekühlt werden, und zwar von 420° C auf etwa 260° C (Schornsteintemperatur). Der Satteldampf des Kessels wurde von 190° C auf etwa 330° C überhitzt. Zur Reinigung des Überhitzers bei laufendem Betrieb war eine Ausblasvorrichtung eingebaut. Dazu war in der Achse der Rauchkammer ein waagrechtes Rohr mit radialen Schenkeln und Bohrungen eingebaut. Die Ausblasvorrichtung arbeitete mit Frischdampf aus dem Kessel. Die Vielzahl an feinen Dampfstrahlen löste den Ruß von den Überhitzerrohren und im hinteren Bereich der Rauchrohre des Kessels. Sie konnte jederzeit vom Heizer ausgelöst werden, ohne die Rauchkammertür zu öffnen. Zur umfassenden Reinigung konnte der Überhitzer bei geöffneter Rauchkammertür nach dem Lösen der Verbindungen der beiden Dampf-Anschlussflansche einfach nach vorne aus der Rauchkammer herausgezogen werden. Die in der Zeit angefallene Flugasche und der Ruß waren in einer geräumigen Wanne unterhalb der Rohre gesammelt.

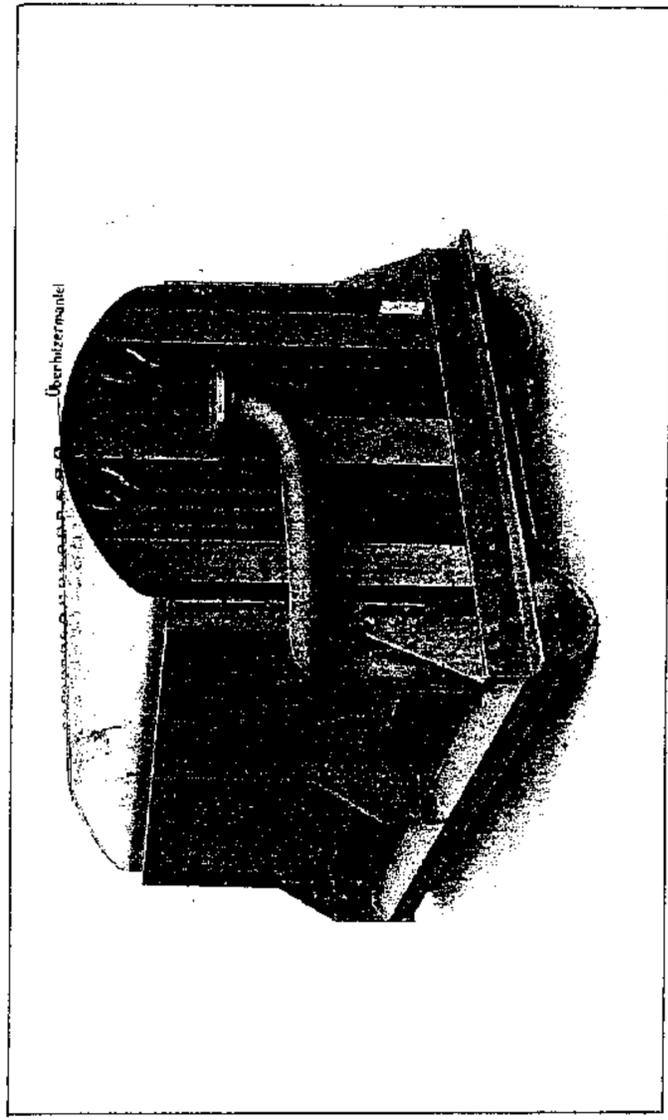
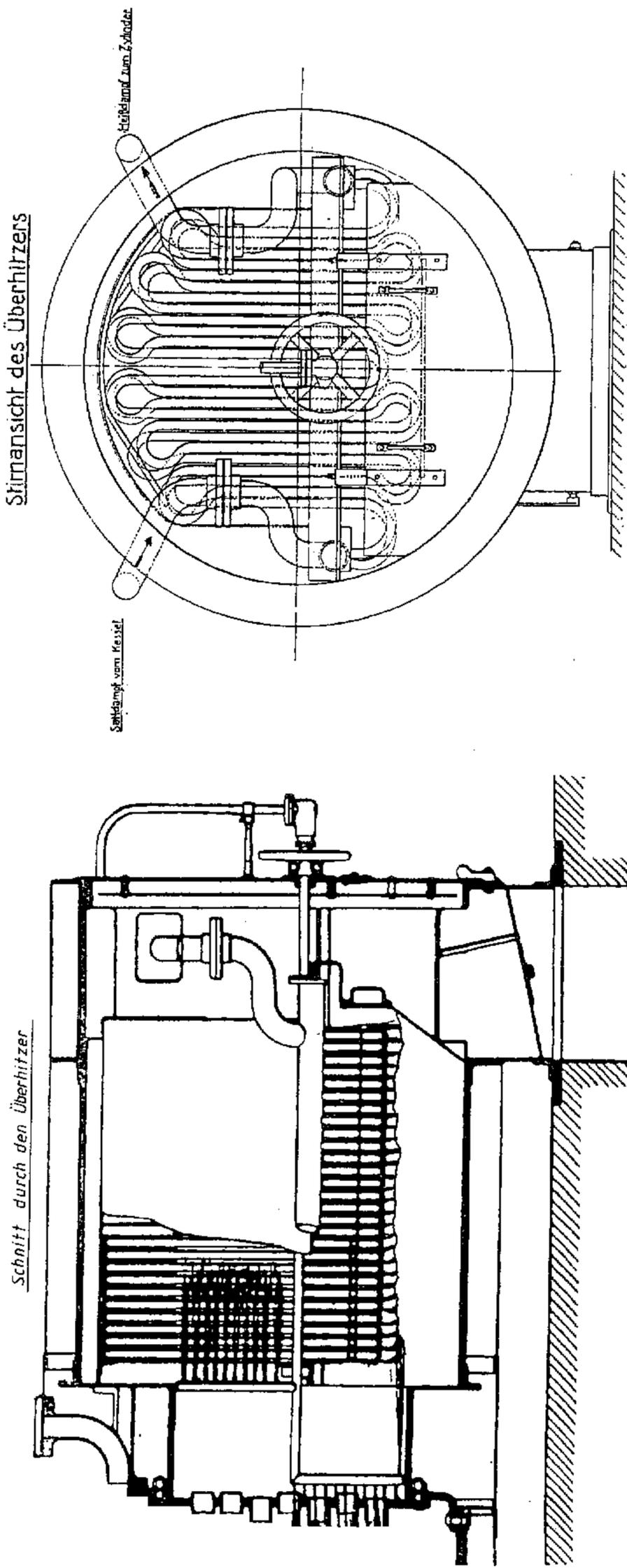


Bild 10.14/9: „Feinstromüberhitzer“ für den Rauchkammereinbau  
(Maschinenfabrik Henschel & Sohn, Kassel, 1924)



Tafel 10.14/1: „Feinstromüberhitzer“ in der Rauchkammer  
einer Halblokomobile

(Maschinenfabrik Henschel & Sohn, Kassel, 1924)

### 10.15 Einrichtungen zur Vorwärmung des Speisewassers

Vorwärmer (Economiser) wärmten das Speisewasser vor und verbesserten die Wirtschaftlichkeit. Insbesondere bei Halblokomobilen, die oft in unmittelbarem Wettbewerb mit stationären Dampfanlagen standen, war eine gute Wirtschaftlichkeit entscheidend. Die eingesetzte Wärmeenergie des Brennstoffes musste daher so vollständig wie möglich genutzt werden. Die Vorwärmung des Speisewassers, beispielsweise durch die Nutzung der „Restenergie“ des Abdampfes, war dabei eine Maßnahme. Bei guter Auslegung konnte sich durch die Vorwärmung der Gesamtwirkungsgrad der Lokomobile und der anderen dampfgetriebenen Kraftmaschinen um einige Prozente verbessern. Ein positiver Nebeneffekt der Vorwärmung war weiterhin, dass der freie Sauerstoff aus dem Speisewasser getrieben wurde. Das verminderte die Rostbildung im Kessel. Bei einigen Vorwärmerbauteilen konnte sich ein Teil der Verunreinigungen, die sich im Speisewasser befanden, im Vorwärmer sammeln. Dadurch wurde die Betriebssicherheit des Kessels verbessert. Das vorgewärmte Wasser reduzierte weiterhin schädliche Spannungen in den Kesselteilen. Die Vorwärmung des Speisewassers konnte auf vier Arten erfolgen:

- durch den Abdampf der Maschine mit Hilfe eines Oberflächenvorwärmers,
- durch die Rauchgase vor dem Abzug durch den Kamin ebenfalls mit Hilfe eines Oberflächenvorwärmers,
- durch Mischung von Dampf (Abdampf) mit dem Speisewasser,
- durch das Kondensat.

Vorwärmer wurden unterschieden nach der Art des Mediums, welches zur Vorwärmung genutzt wurde. Man unterschied bei Lokomobilen Abdampf- und Rauchgasvorwärmer. Misch- und Kondensatvorwärmer hatten bei Lokomobilen keine Bedeutung. Vorwärmer mit Abdampfnutzung kamen bei Maschinen mit und ohne Kondensation in Frage. Grundsätzlich wurden Vorwärmer auch nach der Art der Wärmeübertragung und ihrer Position im Speisewassersystem unterschieden. Man unterschied direkte und indirekte Vorwärmer sowie solche, die das Speisewasser vor der Speisepumpe bzw. nach der Pumpe bei vollem Kesseldruck erwärmten.

#### 1. Abdampfvorwärmer

##### Vorwärmung durch indirekte Abdampfvorwärmer

Mit indirekter Vorwärmung war gemeint, dass der Abdampf nicht direkt mit dem Speisewasser in Berührung kam und demnach auch keine schädlichen Ölrückstände übertragen werden konnten. Wenn im Speisewasserbehälter vorgewärmt wurde, verwendete man meist eine einfache, glatte Rohrschleifen oder einen Rohrwendel. Der Anschluss erfolgte an die Abdampfleitung. Die Einrichtung wurde einfach in den Speisewasserbehälter abgesenkt. Diese Art der Vorwärmung kam auch in Ausnahmefällen bei fahrbaren Lokomobilen zum Einsatz. Im Bild ist die Einrichtung der Maschinenfabrik R. Wolf wiedergegeben.

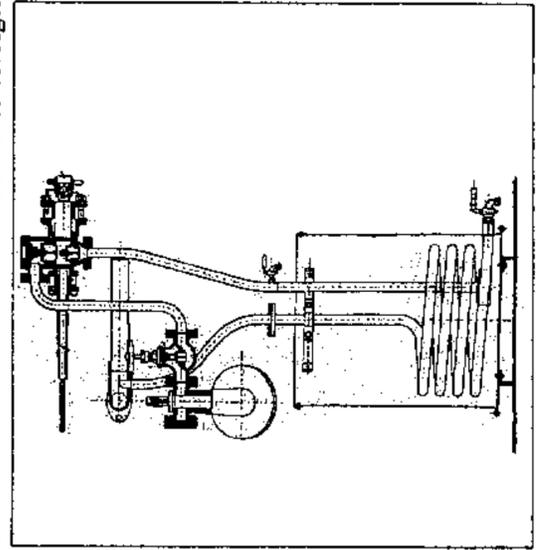


Bild 10.15/1 :  
Einfacher Speisewasservorwärmer  
einer fahrbaren Lokomobile  
(Maschinenfabrik R. Wolf,  
Magdeburg-Buckau)

Neben diesen einfachen Einrichtungen, die Temperaturen bis etwa 70° C erreichten, gab es bei Halblokomobilen auch aufwendige Konstruktionen mit Rohrbündeln aus Kupfer oder Messing. Die Rohrbündel waren zur Reinigung ausziehbar. Das Speisewasser wurde im Gegenstrom zum Dampf geleitet. Es konnten Vorwärmertemperaturen bis etwa 90° C erreicht werden. Eine typische Ausführung zeigt nachfolgende Prinzipskizze. Der Vorwärmer wurde von der Maschinenfabrik F. Mattick, Pulsnitz i.S. hergestellt. Er bestand aus einem Bündel sehr eng angeordneter Metallröhren. Er war zum Einbau in die Abdampfleitung vornehmlich bei beliebigen Halblokomobilen vorgesehen und arbeitete im Gegenstrom. Der Abdampf wurde bei D zugeführt. Bei C floss das Kondensat (bzw. der Restdampf) ab. Die Speisewasserezufuhr erfolgte bei E, der Abfluss bei A.

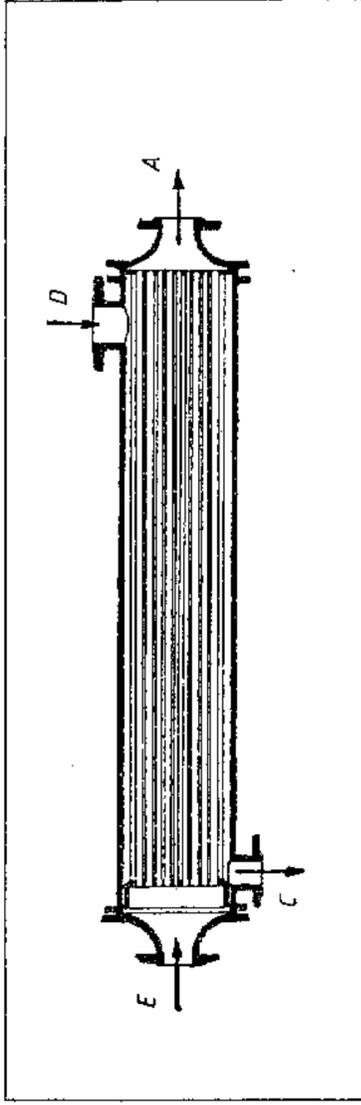


Bild 10.15/2: Separater Speisewasservorwärmer (Abdampfvorwärmer)

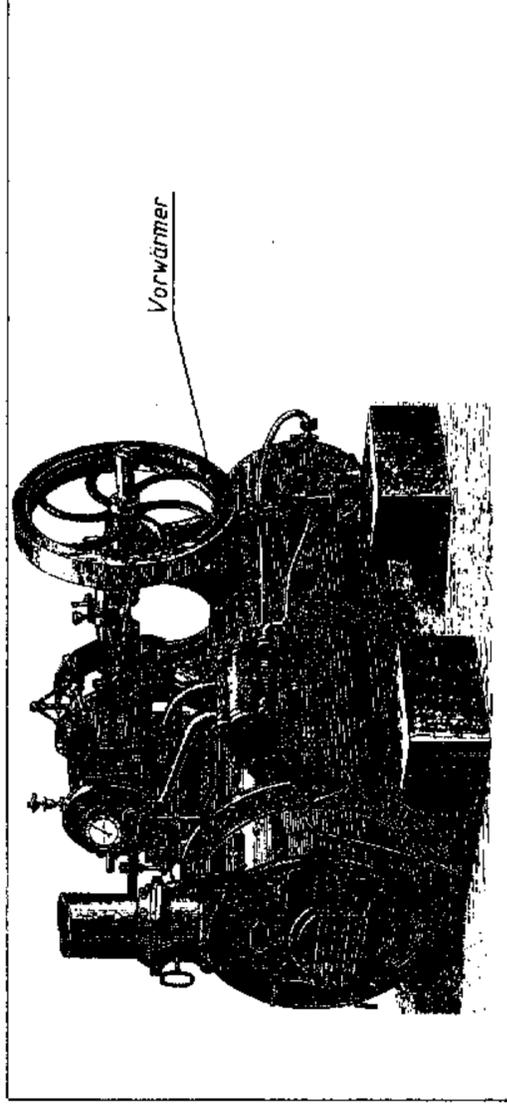


Bild 10.15/3: Anordnung eines separaten Speisewasservorwärmers bei einer Halblokomobile  
(Maschinenfabrik E. D. Rinck, Eupen (um 1890))

##### Vorwärmung durch indirekte Abdampfvorwärmer in der Speisepumpe

Bei diesen Einrichtungen wurde beispielsweise in der Speisepumpe in einem besonderen Vorwärmereich Abdampf zugeführt der die Wärme dann über ein Rohrsystem an das Speisewasser abgab. Wenn das Speisewasser hinter der Pumpe erwärmt wurde, konnten auch mit hohen Vorwärmertemperaturen gearbeitet werden, die denen des Kesselwassers entsprachen. Bei Vorwärmung im Saugbereich waren die Temperaturen dadurch begrenzt, dass durch den Unterdruck das vorgewärmte Wasser verdampfte. Abhilfe schaffte in diesem Fall eine erhöhte Anordnung des Speisewasserbehälters. Die Pumpe brauchte dann nicht mehr anzusaugen, das Wasser floss zu.

## 2. Rauchgasvorwärmer

Diese Vorwärmer waren bei fahrbaren Lokomobilen nicht gebräuchlich, bei Halblokomobilen dagegen verbreitet. Die älteren Einrichtungen bestanden aus Bündeln glatter Rohre, die außen vom Rauchgas umspült wurden. Ihr Vorteil war die leichte Reinigung von Ruß und Flugasche, ihr Nachteil der mäßige Wärmeaustausch. Durch fortlaufende Verbesserung der Verbrennungsprozesse konnte der Ruß- und Ascheanfall in den Heizgasen stark verringert werden. Bei neueren Maschinen verwendete man daher ausschließlich Rippenrohre unterschiedlichster Art (Rippenrohr-Vorwärmer). Die Rippenrohre bestanden aus Gusseisen und waren zu Bündeln zusammengefasst. Es gab eine Vielzahl an Rippenrohransführungen: runde, eckige, Kurzrippen, Hochrippen u.a.m. Zur Reinigung setzte man sogenannte „Rußbläser“ ein, der die Rippen mit Hilfe eines Dampfstrahls (seltener Druckluftstrahl) reinigte.

## 3. Vorwärmung durch direkte Mischung von Abdampf und Speisewasser

Bei fahrbaren Lokomobilen war deren Einsatzflexibilität ein ausschlaggebendes Merkmal. Auf das letzte Quantum Wirkungsgrad wurde im Allgemeinen kein Wert gelegt. Wenn in Einzelfällen Vorwärmer zum Einsatz kamen, waren es sehr einfache Einrichtungen. Die einfachsten Einrichtungen waren die, bei denen der Abdampf der Maschine direkt in den Behälter für das Speisewasser geleitet wurde und durch die Mischung mit dem kalten Wasser unter Wärmeabgabe kondensierte. Über ein Rohr wurde der Dampf mit dem kalten Wasser Wasserbehälters eingeleitet. Der große Nachteil bei diesem Verfahren war der Eintrag von Restöl aus dem Abdampf in das Speisewasser. Nur wenn der Abdampf nahezu ölfrei war, konnte so gearbeitet werden. Im nachfolgenden Bild ist eine sehr einfache Einrichtung zur Vorwärmung durch direkte Mischung des Speisewassers mit Dampf dargestellt. Das Speisewasser wurde durch das Ventil  $V_1$  und den Hahn H wieder in den Wasserbehälter zurück gepumpt. Dabei wurde es erwärmt, da bei A kontinuierlich ein Teil des Abdampfes zugeführt wurde. Durch Umstellen des Hahnes H wurde der Kanal K geschlossen und der Kreislauf unterbrochen. Das erwärmte Wasser konnte jetzt durch das Ventil  $V_2$  in den Kessel gedrückt werden.

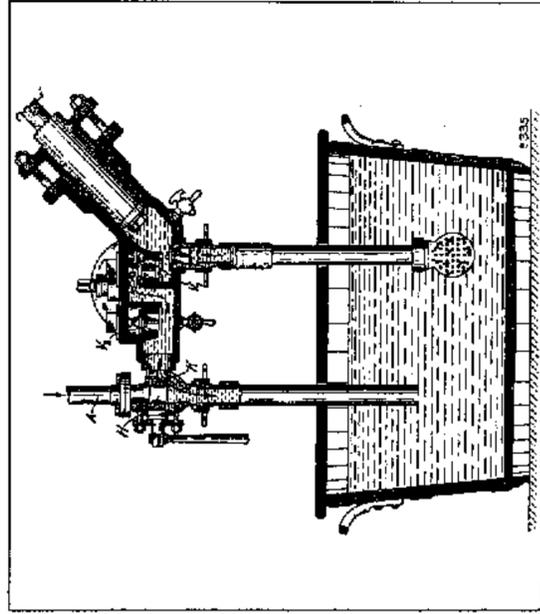


Bild 10.15/4:  
Direkte Speisewasser-Vorwärmung  
an einer fahrbaren Lokomobile  
(um 1920)

Bei ölhaltigem Abdampf musste im Speisewasserbehälter eine Trennung vorgenommen werden. Die sich an der Dampfseite an der Oberfläche ansammelnden Ölrückstände mussten abgeschöpft oder abgelassen werden. In der unteren Skizze ist eine Vorwärmung durch Mischung von Abdampf mit dem Speisewasser dargestellt, bei der der Speisewasserbehälter durch eine senkrechte Wand in zwei Bereiche A und B unterteilt war. Die Bereiche waren über eine Öffnung im unteren Teil der Scheidewand verbunden. Der Abdampf (oder das

Wasser-Dampf-Gemisch) wurde durch das Rohr „a“ in dem Bereich A zugeführt. Im Dampf enthaltene Ölreste schwammen nach oben und mussten von Zeit zu Zeit abgeschöpft werden. Das erwärmte Speisewasser wurde im Teil B abgesaugt.

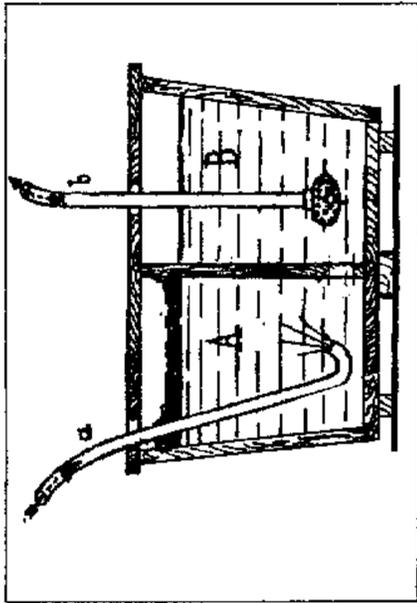


Bild 10.15/5:  
Prinzipskizze eines einfachen  
Mischungsvorwärmers bei einer  
fahrbaren Lokomobile

## 4. Vorwärmung durch Nutzung des Kondensatorwassers

Üblicherweise wurde bei Halblokomobilen mit Kondensation des Wasser des Kondensators zurückgeführt. Im Allgemeinen direkt in das Speisewasser, bei stark ölhaltigem Kondensat nach der Ölabscheidung (oder nach einen Wärmetauscher).

### 10.16.3 Passive Beschickungseinrichtungen mit Anpassung der Lokomobilen

In der Landwirtschaft fielen zu bestimmten Zeiten einige „Abfallstoffe“ für Heizzwecke in großen Mengen an (Abfallholz, Stroh, Maisstengel, Pflanzenreste u.a.m.). Ohne Anpassung der Feuerung und des Feuerraums sank die Leistung der Lokomobile bei deren Verfeuerung drastisch, z. T. um mehr als 60 %. Um diese Situation zu verbessern wurden Lokomobile gebaut, die eine entsprechende Zufuhrhilfe besaßen und bei denen der Feuerraum an das voluminöse Material angepasst war. Bei einigen Einrichtungen konnte das voluminöse Material zusätzlich vor der Verbrennung noch verdichtet werden.

Der Feuerraum der Lokomobile war für die Verbrennung der Vegetabilien etwas vergrößert (20 bis 30 %) und die Roste waren tiefer gelegt. Es wurden andere Roste, z. T. mit nach oben gebogenen Roststäben, und auch Vorroste zum Vorwärmen sowie ein bis zwei Feuerbrücken eingebaut. Sie verhinderten das Durchschlagen der Flammen und reduzierten den Schlackeneintrag in die Rauchrohre, den Aschenanfall und den Funkenflug. Die normalen Aschenkästen wurden durch größere ersetzt. Da die Feuertür bei Strohfederung nur gering über dem Niveau des tiefer gelegten Rostes lag, hatten Lokomobile, die für unterschiedliche Brennmaterialien ausgelegt waren, im Allgemeinen zwei Feuer Türen. Die untere war für Strohfederung vorgesehen. Sie war fast so breit wie die Feuerkiste. Da durch die großen Rostspalte und die starke Schlackenbildung viel glühendes Material in den Aschenkasten fiel, waren die Maschinen oft mit Aschenlöscher ausgerüstet.

Das folgende Bild zeigt eine Lokomobile mit erweitertem Brennstoffeinsatz. Es konnten mittlere Kohlen sowie Stroh, Maisreste u.ä. verfeuert werden. Die obere Feuer Tür war für die Feuerung mit Kohlen, die untere für Strohfederung vorgesehen. Die Feuerkiste war vergrößert. Die Abbildung zeigt den Umbau für Strohfederung. Der Rost war mit seiner sehr großen freien Rostfläche an das Material angepasst. Eine Besonderheit war die sehr hohe gemauerte Feuerbrücke. Auf ihr lagerte sich der Großteil der Schlacken ab. Die Rauchrohre waren vor zu schneller Verschlackung geschützt. Die Luftführung wies ebenfalls eine Besonderheit auf, sie war dreigeteilt. Der Hauptstrom ging von unten durch den Rost, ein anderer Zug ging hinter der Feuerbrücke zu den Heizgasen, ein dritter Zug wurde von vorne als Frischluft angesaugt. Dadurch konnte das Brennmaterial sehr gut genutzt werden.

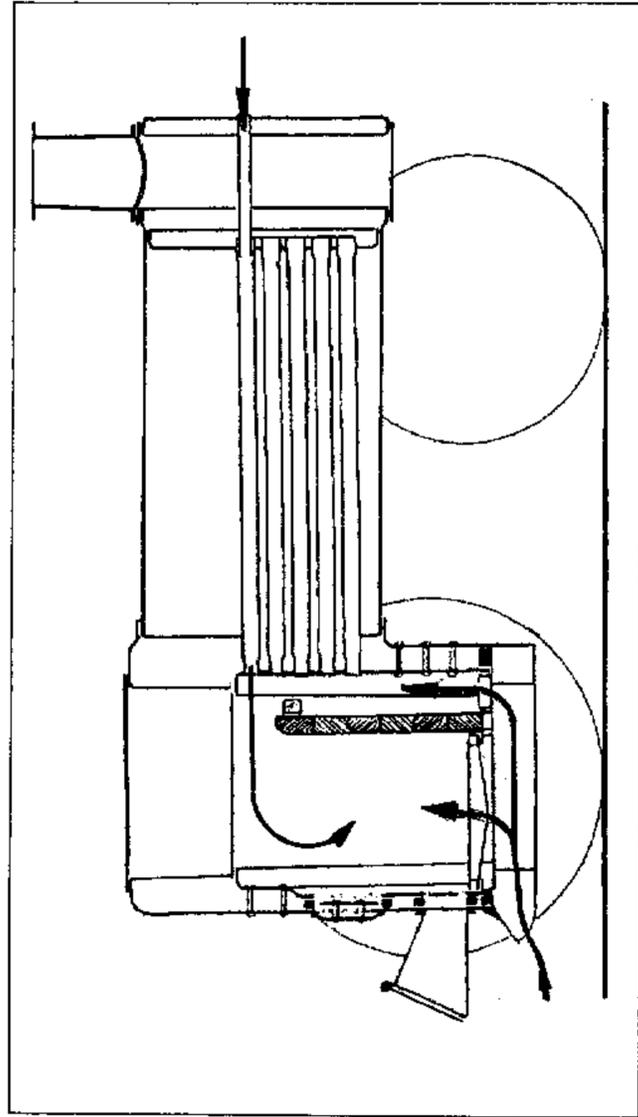


Bild 10.16.3/1: Lokomobile für Kohle und Strohfederung (eingerrichtet für Strohfederung)

Eine andere Ausführung mit vergrößerter Feuerkiste für Stroh- und Kohlefeuerung zeigt das Bild 10.16.3/2. Die Lokomobile hatte nur eine Feuer Tür. Eine breite Wanne diente als Beschickungshilfe. Es war kein Rost eingebaut. Das Stroh fiel auf die Sohle des Aschenkastens. Die Luftführung war zweigeteilt. Ein Teil wurde über die Klappe am Aschenkasten in das Feuerbett geführt, der andere Teil durch eine gebogene, gusseiserne „Feuerbrücke“ im Feuerraum, die auf beiden Seiten Austrittsöffnungen für die Luft besaß.

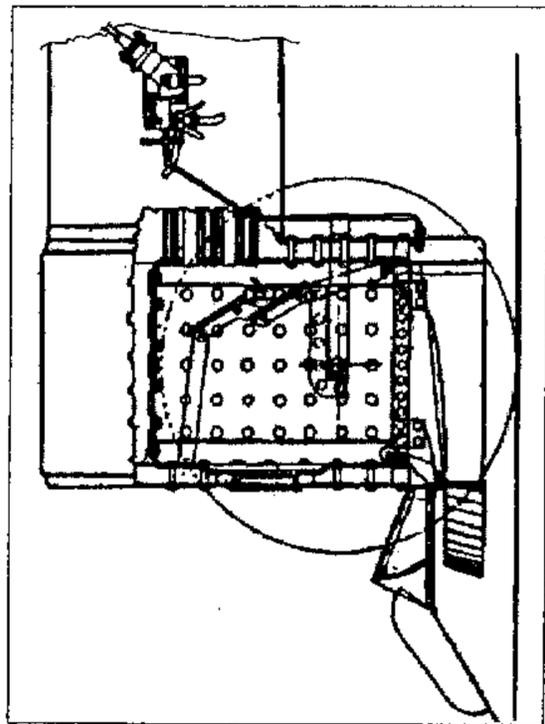


Bild 10.16.3/2:  
Lokomobile für Kohle und  
Strohfederung.  
(eingerrichtet für Strohfederung)

Eine andere Ausführung zeigt das untenstehende Bild. Der gesamte Feuerraum war zweigeteilt. Im kleinen, hinteren Feuerraum wurde das Stroh verbrannt, im vorderen (der eigentlichen Feuerbüchse) wurden die Heizgase verteilt und über die Wände der Feuerbüchse an das Wasser übertragen. Zur besseren Verteilung der Heizgase und zum Schutz der Rauchrohre hing eine eiserne Platte von der Decke der Feuerbüchse. Am Rostende war eine Feuerbrücke eingebaut. Die Lokomobile hatte nur eine Feuer Tür. Der hintere Bereich der Maschine musste allerdings völlig neu gestaltet werden, da der kleinere hintere Feuerraum auch vom Kesselwasser umschlossen war. Als Beschickungshilfe verwendete man eine breite Rutsche. Die Lokomobile konnte auf Kohle- und auf Holzfeuerung umgerüstet werden. Zur Feuerung mit Kohle wurde der Rost ausgetauscht und die Feuer Tür durch eine mit kleiner Öffnung ersetzt. Bei Holzfeuerung mussten ein völlig veränderter, zweigeteilter Rost eingebaut werden. Der Hauptrost war in der großen Feuerkiste untergebracht. Weiterhin mussten die Feuerbrücke entfernt und die Feuer Tür ausgetauscht sowie die hängende eiserne Platte entfernt werden.

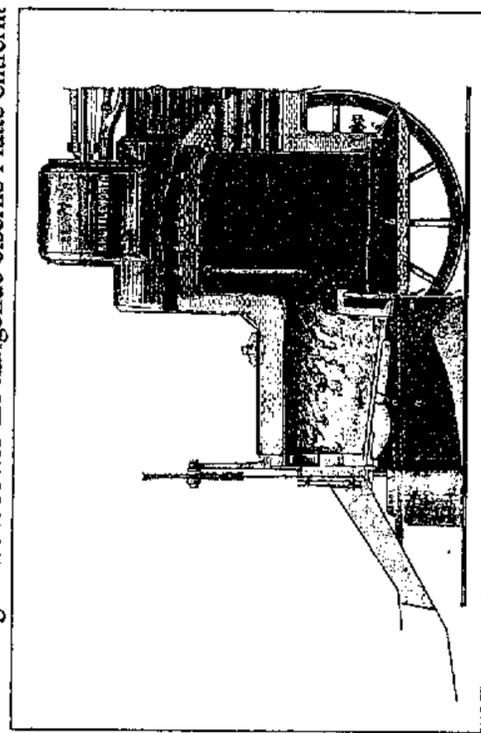


Bild 10.16.3/3:  
Lokomobile für Stroh-,  
Kohle- und Holzfeuerung

#### 10.16.4 Aktive Beschickungseinrichtungen

Zu den aktiven Beschickungseinrichtungen zählten alle, die mit mechanischen Antrieben ausgestattet waren. Bei verfahrenen Lokomobilen waren sie selten. Der besondere Vorteil aktiver Beschickungseinrichtungen war, dass sie eine sehr gleichmäßige und genau einstellbare Zufuhr des Brennmaterials ermöglichten. Einige Einrichtungen waren auch in der Lage, voluminöse Materialien zu verdichten und zu zerkleinern.

Bei fahrbaren Maschinen kamen aktive Beschickungseinrichtungen nur bei Strohföderung zum Einsatz. Meist wurde das Stroh von Hand über eine Blechwanne zugeführt, danach erfassten zwei quer angeordnete, gezahnte Speisewalzen das Material, pressten es ggf. zusammen und zerkleinerten es. Das nachstehende Bild zeigt beispielhaft eine Ausführung der Maschinenfabrik Eckert aus Berlin. Die Lokomobile hatte zwei Feuerüren. Es konnten sowohl Kohlen als auch Stroh verfeuert werden.

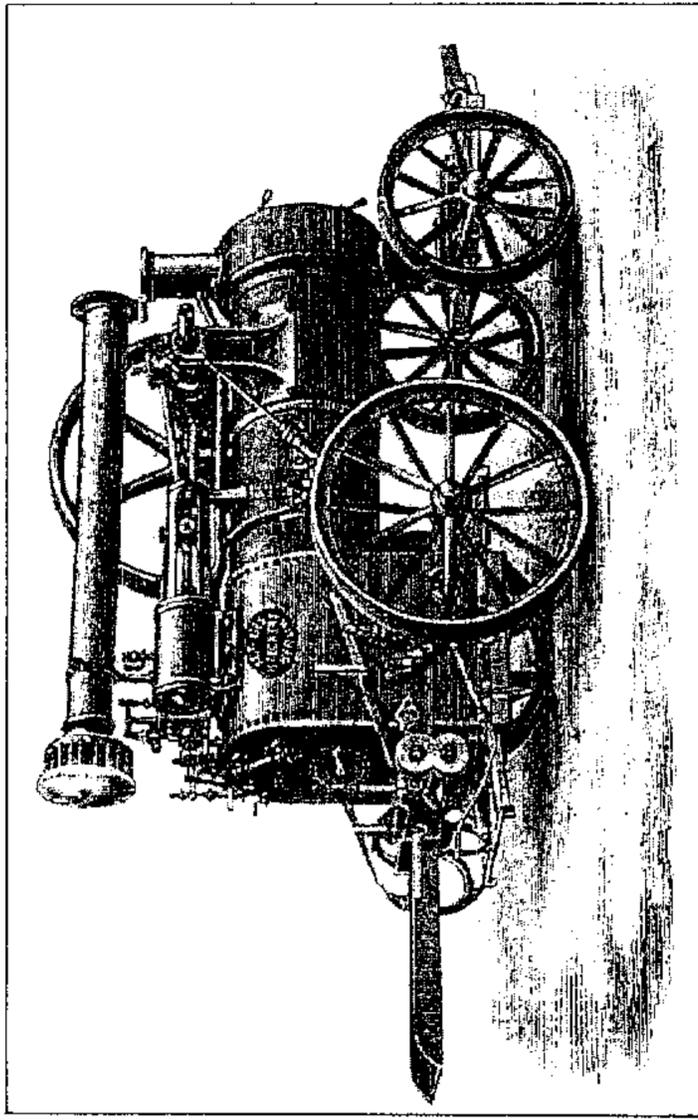


Bild 10.16.4/1: Aktive Beschickungseinrichtung an einer verfahrenen Lokomobile (Maschinenfabrik Eckert, Berlin (1886))

Bei größeren Halblokomobilen waren die Vorteile von aktiven Beschickungseinrichtungen beträchtlich. Sie ermöglichten zeitweise einen „mannlosen“ Betrieb. Beschickt wurde zumeist aus Bunkern. Die Beschickungseinrichtung dosierte das Brennmaterial und förderte es mit Hilfe von Förderbändern, Förderschnecken u.a.m. kontinuierlich in den Feuerraum. Es gab eine Vielzahl an Ausführungen, die genau an das Brennmaterial und die betrieblichen Verhältnisse am Einsatzort angepasst waren. Die Beschickungseinrichtungen wurden im Allgemeinen als gesonderte Baugruppe vor die Feuerungsseite der Maschine gesetzt. Üblich war es, die Einrichtungen auf einfachen Rollen verschiebbar auszuführen. Das erleichterte die Reinigung des Rostes und die Kesselwartung. In einigen Fällen, insbesondere bei Vegetabilien mit geringem Heizwert, reichte der Feuerungsraum in der Lokomobile zur vollständigen Verbrennung nicht aus. Man stattete dann die Beschickungseinrichtung mit einer Vorfeuerung aus. Aus der Vielzahl an Ausführungen sollen drei Beispiele genügen.

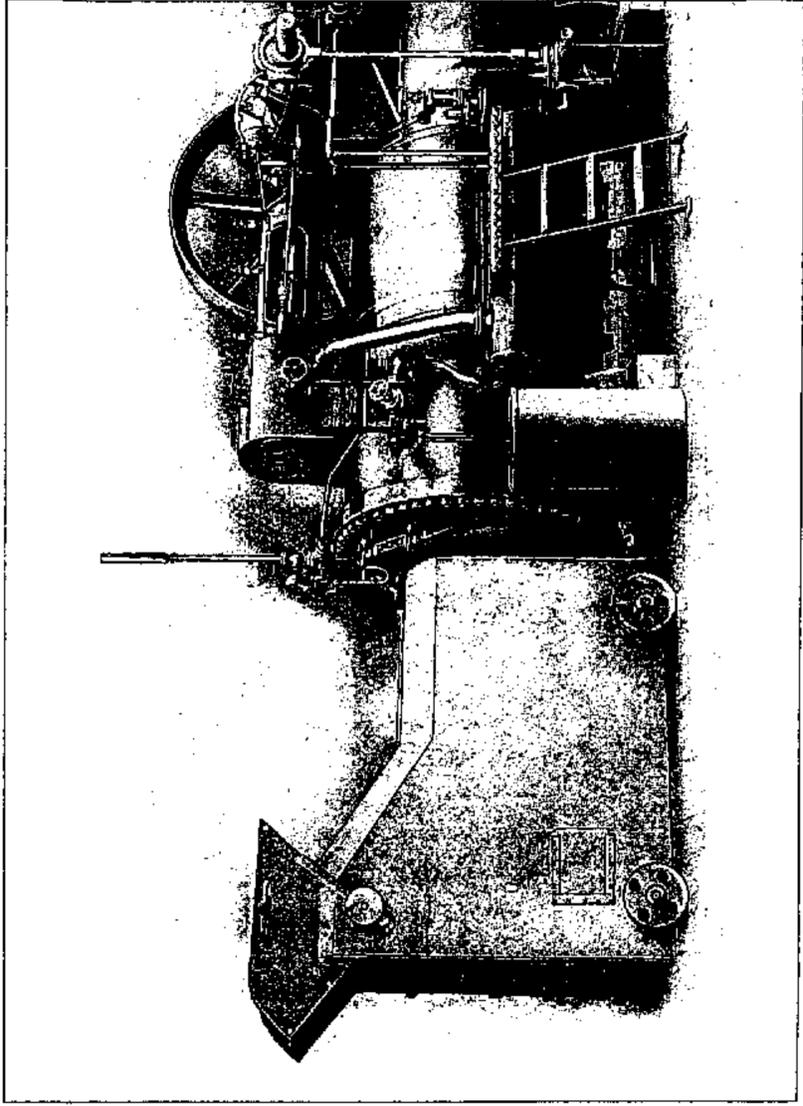


Bild 10.16.4/2: Beschickungseinrichtung für Reisstroh bei einer Heißdampf-Koloniallokomobile mit Bunker und Vorfeuerung (Maschinenfabrik von Henschel & Sohn, um 1912)

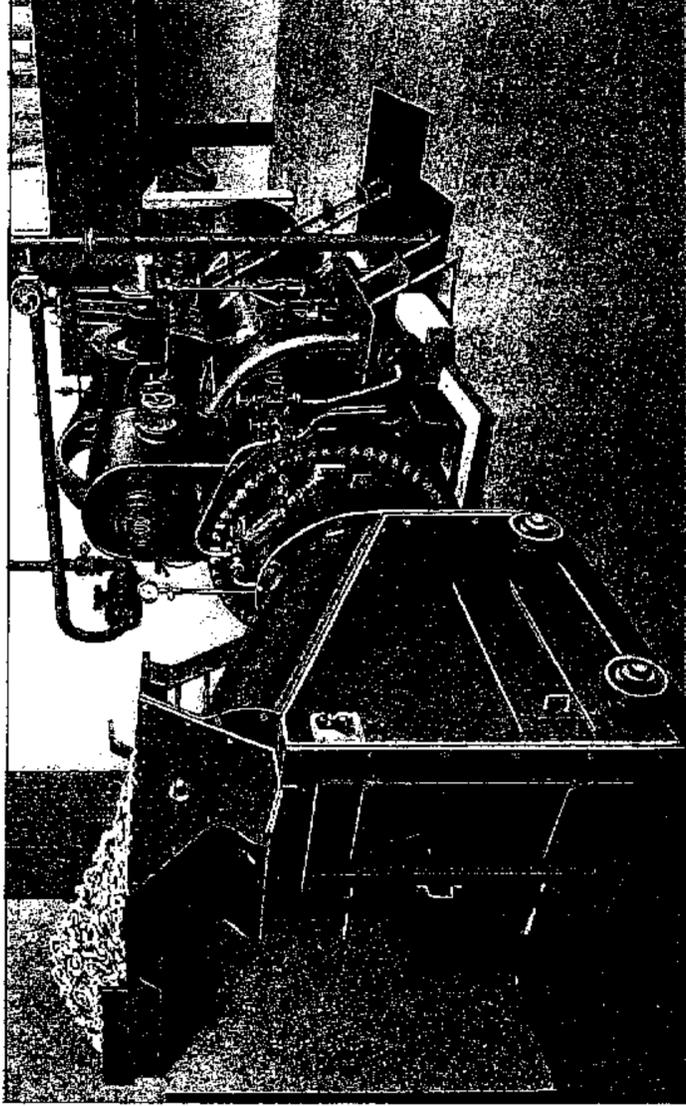


Bild 10.16.4/3: Beschickungseinrichtung mit Oberflur-Vorfeuerung und Treppenrost zur Verbrennung von Holzabfällen an einer 70 PS-Halblokomobile (Maschinenfabrik von R. Wolf, um 1916)

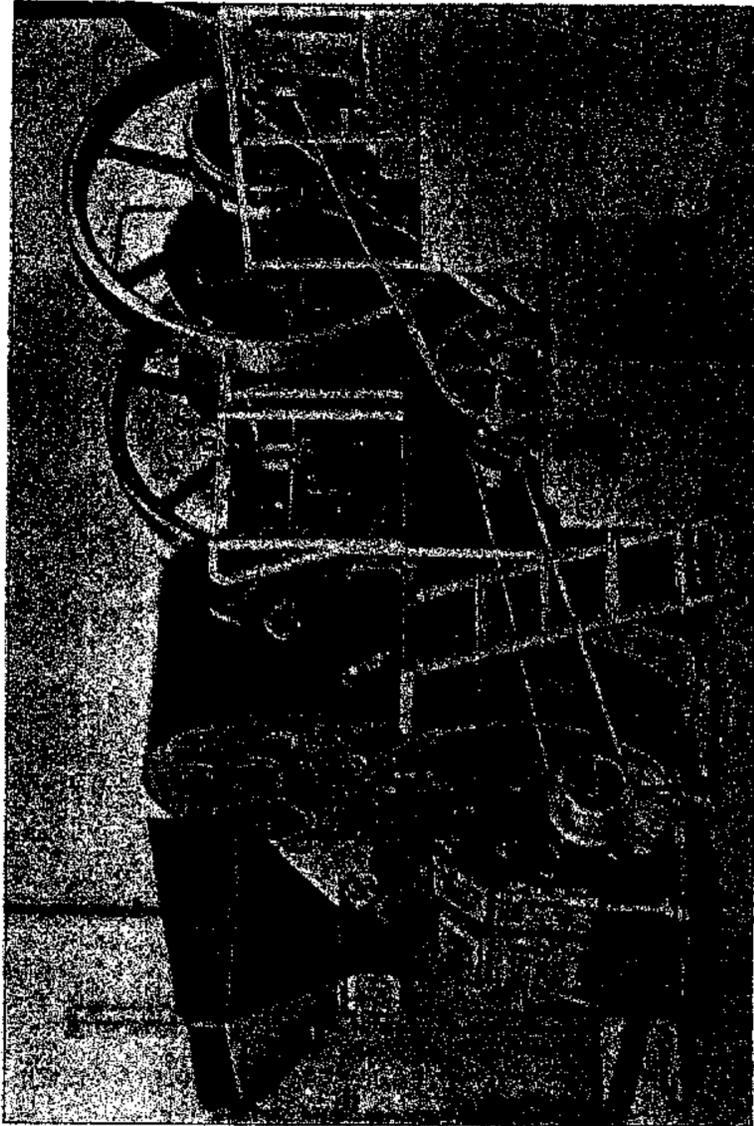


Bild 10.16.4/4: Beschickungseinrichtung mit selbsttätiger Rostbeschickung einer 170 PS-Heißdampf-Verbund-Lokomotive mit Kondensation (Maschinenfabrik von R. Wolf, um 1922)

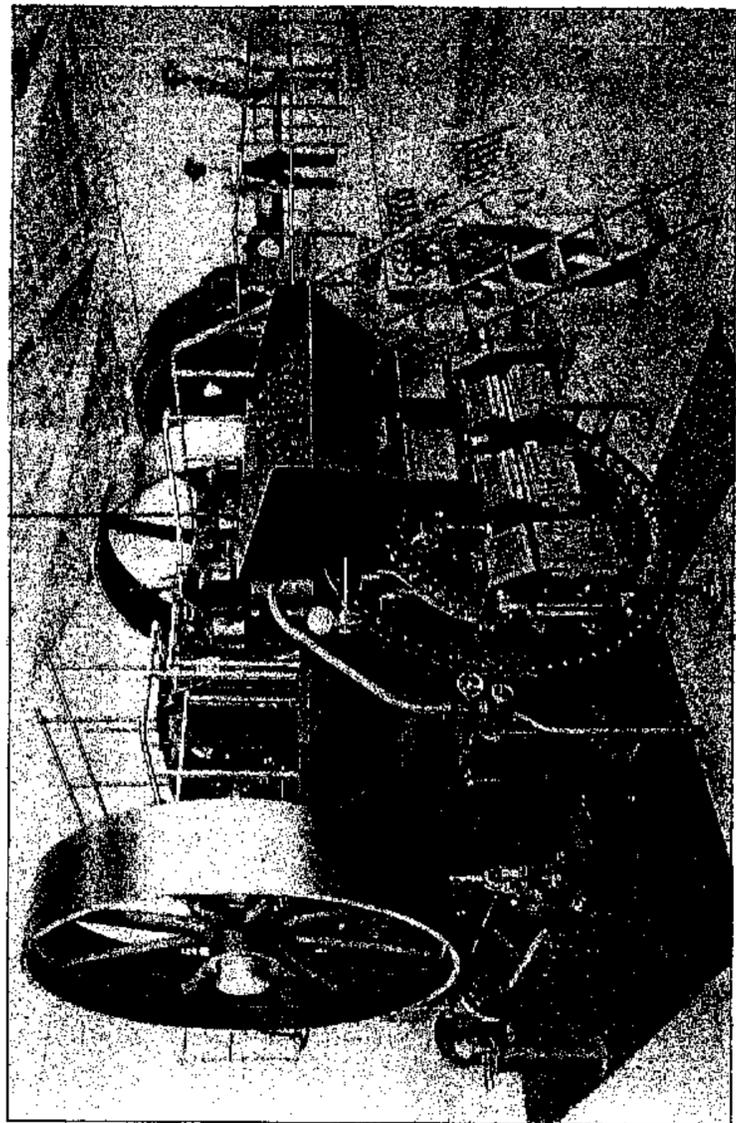


Bild 10.16.4/5: Beschickungseinrichtung mit selbsttätiger Rostbeschickung einer 400 PS-Heißdampf-Verbund-Lokomotive mit Kondensation (Maschinenfabrik von R. Wolf, um 1922)

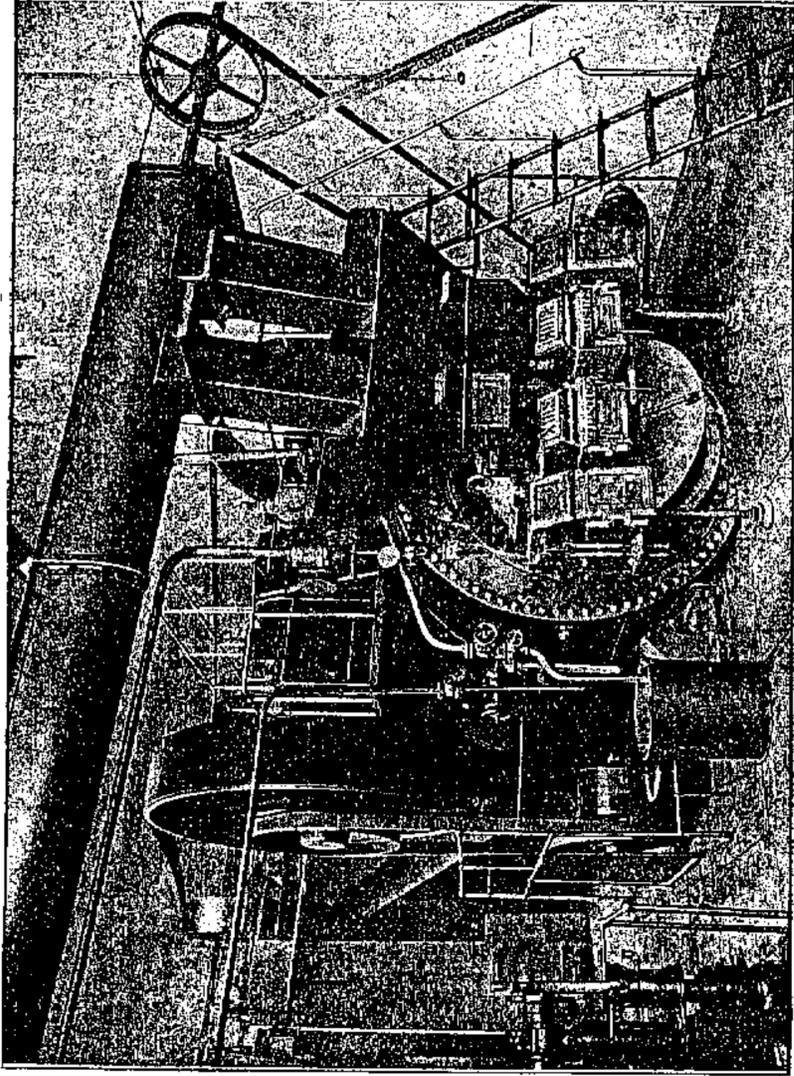


Bild 10.16.4/6: Automatische Beschickung einer Heißdampf-Lokomotive über Zuführrinne für die Kohle mit Schneckenförderer. Zuführtrichter an der Feuerbüchse (Maschinenfabrik von R. Wolf, um 1912)

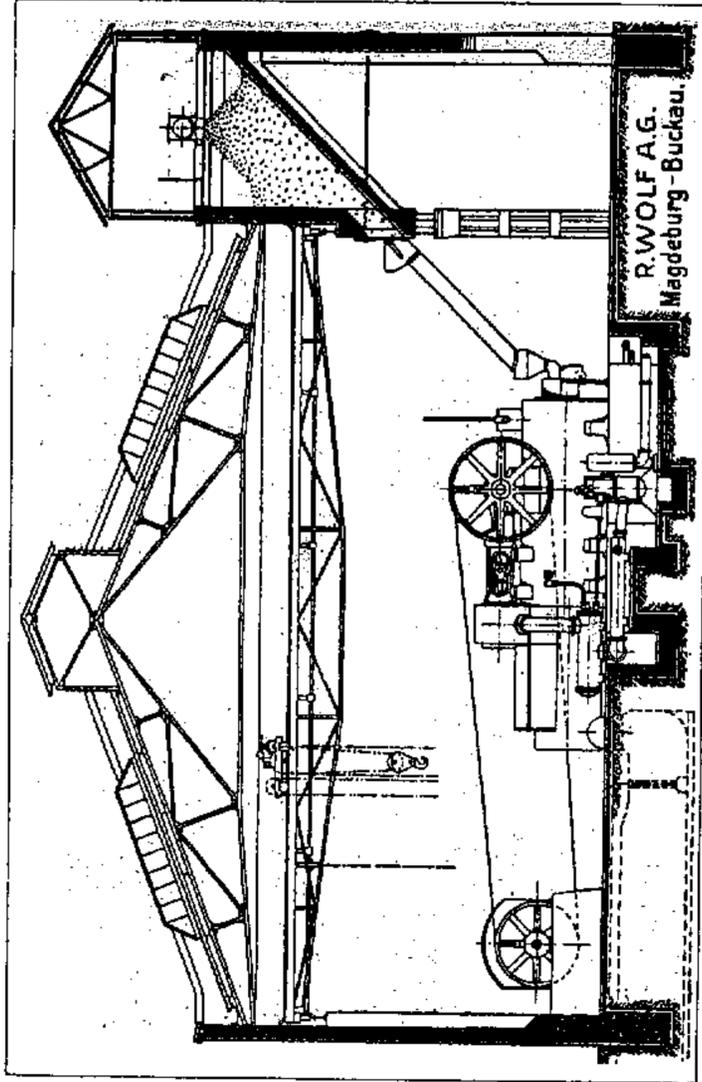


Bild 10.16.4/7: Automatische Beschickung einer Heißdampf-Verbund-Lokomotive von 800 PS. Beschickung aus einem Kohlebunker über eine Rutsche (1910)

## 10.17 Abnahmen der Lokomobilenkessel

### 10.17.1 Historische Entwicklung

Die im Verlauf der langen Entwicklungs- und Einsatzgeschichte der Dampfkessel gemachten Erfahrungen sind in eine Reihe von Betriebs- und Abnahmenvorschriften eingeflossen. Diese Vorschriften haben eine sehr dynamische Entwicklung genommen. Dem Stand der Technik und dem physikalisch-technischen Wissen jener Zeit reichte das Spektrum von einfachen Vorgaben für einzelne Kesselgrößen, über die Durchführung von statischen Druckprüfungen, bis zu den umfassenden Regelungen zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Trotz aller Unzulänglichkeiten in den Vorschriften war schon frühzeitig das Bemühen darauf gerichtet, durch vorbeugende Maßnahmen, Festlegung von Bemessungsgrenzen, normierten Prüfungen und Vorgabe bestimmter Verhaltensregeln die Sicherheit im Betrieb zu gewährleisten. Das war umso nötiger, als das Bewusstsein für die Gefahren der Dampftechnik am Anfang der Entwicklung nicht vorhanden war. Man setzte sich im Bedarfsfall unbekümmert über die wenigen Sicherheitsmaßnahmen hinweg, mit teils verheerenden Folgen.

In den ersten Festlegungen zum Betrieb von Dampfkesseln wurden Grenzen beispielsweise für den Betriebsdruck, die Wassermenge des Kessels etc. in einfacher Form, meist handschriftlich, vom Kesselhersteller und dem Kesselbetreiber festgelegt. Der Bezug zum real hergestellten Kessel war vage. Die Anfangserfahrungen im Betrieb wurden dokumentiert. Die Sicherheiten oder maximalen Belastungsgrenzen waren nicht bekannt.

Mit dem Anwachsen der betrieblichen Erfahrungsmenge und durch frühzeitig veröffentlichte Berichte von Unfällen mit Kesseln wuchs das Bedürfnis nach Vereinheitlichung der Kesselbeurteilungen und Verbindlichkeit der Aussagen. Daraus entstanden die ersten Dampfkessel-Überwachungskommissionen, Überwachungsvereine und ähnliche Institutionen. Allerdings noch nicht auf verbindlicher behördlicher Basis, sondern als freiwilliger Zusammenschluss der Dampfkesselbetreiber. Die Festlegungen waren natürlich regional verschieden. Aus diesen Anfängen entwickelten sich die bekannten Bestimmungen zur Abnahme, zum Betrieb und der regelmäßigen Prüfung von Dampfkesseln. Wegen der Bedeutung für die Sicherheit der Allgemeinheit wurden sie nach einiger Zeit als hoheitsrechtliche Aufgaben staatlichen Stellen übertragen. Diese amtlichen Revisionen wurden von Behördenvertretern oder berufenen Sachverständigen durchgeführt. Sie waren je nach Kesselart unterschiedlich. Es wurden folgende Kesselarten unterschieden: feststehende sowie bewegliche Dampfkessel und Dampfkessel für Schiffe. Lokomobilenkessel zählten zu den beweglichen Dampfkesseln. Diese gesetzlichen Bestimmungen konnten von den Nutzern der Kessel ergänzt werden, wenn diese zusätzlichen Bestimmungen nicht im Widerspruch zu den gesetzlichen standen. Als Beispiel sei hier die ergänzende Vorschrift der „Kaiserlichen Deutschen Marine“ genannt. Im „Regulativ, betreffend die sicherheitspolizeiliche Überwachung des Betriebs der den Etablissements der kaiserlichen Marine zugehörigen und der auf den Schiffen und Fahrzeugen derselben befindlichen Dampfkessel“ vom 7. Febr. 1873 wurden einzelne gesetzliche Vorgaben enger gefasst und einige Sicherheitsaspekte ergänzt.

Um 1900 galt: an jedem Dampfkessel mussten die wesentlichen Daten des Kessels dauerhaft in Form eines Fabrikschildes angebracht sein. Das Schild musste leicht von außen, auch nach der Isolierung des Kessels, ablesbar sein. Folgende Daten mussten mindestens angebracht sein: höchster Dampfdruck, Name und Ort des Herstellers, Jahr der Herstellung und die laufende Fabriknummer.

Zu jedem abgenommenen und genehmigtem Dampfkessel gehörte eine amtliche Urkunde mit folgenden Angabe des:

- Nutzer des Kessels,
- Angabe des höchsten zulässigen Dampfdrucks,

- Hersteller des Kessels mit eindeutiger Fabrikationsnummer,
- Herstellungsjahr,
- Zeichnungen des Kessels mit allen Ausführungsbeschreibungen,
- Besonderheiten und spezielle Betriebsbedingungen,

Als Zeitdokument ist im Folgenden die Abnahmeakte eines beweglichen Dampfkessels, und zwar eines Wasserrohrkessels, der Maschinenfabrik „Cyclop“ Mehls & Behrens (Berlin) aus dem Jahr 1906 wiedergegeben. Die Maschinenfabrik „Cyclop“ war der Kesselhersteller, der Abnehmer war die Freibahngesellschaft in Seegefeld.

#### Anmerkung:

Ab 1900 kann davon ausgegangen werden, dass die grundlegenden Abnahmenvorschriften für die unterschiedlichen Dampfkesselarten vollständig entwickelt und vereinheitlicht waren. Deren Umsetzung in der betrieblichen Praxis war geregelt und die Abnahme und Überwachungsprozeduren funktionierten sicher. Die behördlichen Institutionen waren etabliert. Das Personal war entsprechend qualifiziert und mit den notwendigen Weisungsrechten ausgestattet. Sie reichten bis zur sofortigen Stillsetzung einer Anlage bei schweren Mängeln. Geprüft wurden folgende Aspekte:

- baupolizeiliche Vorschriften,
- feuerpolizeiliche Vorschriften und Vorschriften des allgemeinen Brandschutzes,
- gesundheitspolizeiliche Vorschriften,
- allgemeine behördliche Bestimmungen zur Anlegung von Dampfkesseln,
- Prüfung, ob die Ausführung des Kessels den Bestimmungen der erteilten Genehmigung entspricht,
- allgemeine behördliche Bestimmungen zum Betrieb von Dampfkesseln.

Die Basis für die Kesselprüfungen waren u. a. folgende gesetzliche Regelungen:

- Reichs-Gewerbeordnung,
- Allgemeine polizeiliche Bestimmung über die Anlegung von Dampfkesseln,
- Bestimmungen über die Genehmigung, Prüfung und Revision der Dampfkessel,
- Gesetze, den Betrieb der Dampfkessel betreffend
- (z.B. das „Preuß. Gesetz, den Betrieb der Dampfkessel betreffend“ vom 3. Mai 1872),
- Anweisung, betreffend die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel.

Die Genehmigung für den Dampfkesselbetrieb erfolgte generell in zwei Schritten. Als erstes war die Genehmigung der zuständigen Behörde einzuholen. Diese prüfte u. a. die Kesselzeichnungen, die Auslegung, die Beschreibung des Kessels und die Einsatzbedingungen. Dann wurde der Kessel nach der Zeichnung gebaute Kessel einer Druckprobe mit Wasser unterzogen.

Während des Betriebes mussten durch zugelassene Personen regelmäßige Untersuchungen durchgeführt werden. Diese Untersuchungen betrafen zum einen die von außen sichtbaren Merkmale des Kessels, man bezeichnete sie als „äußere Untersuchungen“. Sie fanden mindestens alle 2 Jahr statt. Diese Untersuchungen reichten aber allein nicht aus, da u. U. im Inneren des Kessels, beispielsweise durch Verschleiß oder durch örtliche Überhitzung, Schäden unbemerkt blieben, die zum Versagen des Kessels führen konnten. Die „äußeren Untersuchungen“ wurden durch „innere Untersuchungen“ ergänzt. Dazu musste der Kessel vollständig entleert werden. Am Kessel waren entsprechende abnehmbare „Deckel“ für Handlöcher oder Mannlöcher vorhanden, die eine innere Revision gestatteten.

Ein Teil der Unternehmen, die verfähre oder auch ortsfeste Lokomobile hergestellt haben, baute die Kessel für die Maschinen nicht selbst, sondern bezog sie von auf den Kesselbau spezialisierten Betrieben. Diese Kessel wurden entweder beim Kesselhersteller oder beim Abnehmer vor dem Einbau geprüft. Nach dem Zusammenbau schloss sich eine Abnahmeprüfung mit allen serienmäßig angebauten Armaturen und Sicherheitseinrichtungen an.

Für bewegliche Dampfkessel musste ein Revisionsbuch angelegt werden. Neben den grundlegenden Kesseldaten, entsprechend den Angaben auf dem Fabrikschild, wurden in diesem Buch alle periodisch vorgenommenen Prüfungen und Untersuchungen dokumentiert. Die Genehmigungsurkunde und das Revisionsbuch mussten an der jeweiligen Betriebsstätte auf Verlangen vorgezeigt werden können.







## 10 177 Gesetzliche Regelungen

Anhand der gesetzlichen Regelungen aus der Zeit um 1900 sollen die Vorgaben bei der Abnahme von Dampfkesseln erläutert werden. Ausgewählt wurden die gesetzlichen Regelungen und behördlichen Abnahmeverfahren für das Deutsche Reich mit dem Schwerpunkt auf Preußens Basis war die „Reichs-Gewerbeordnung“ vom 1. Januar 1873, die „Allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln“ und angeschlossene Gesetze sowie Auslegungsgesetze wurden laufend dem sich weiterentwickelten Kenntnisstand und den vorliegenden Einsatzverfahren angepasst.

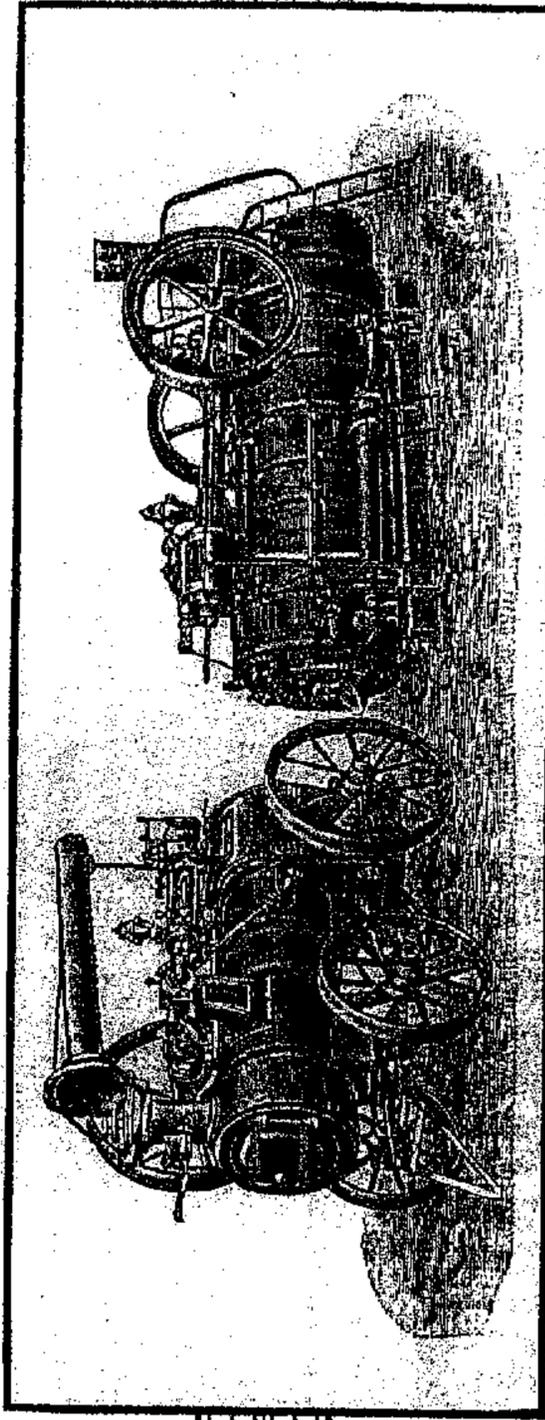
Wegen des Umfangs der Dokumente werden sie im Anhang A 1 wiedergegeben

### Annahme

Die beiden obigen Abnahmen von 1900 und beweglichen Dampfkesseln durch behördlich festgelegte Institutionen bzw. Abnahmevereine, hat eine lange Geschichte. Am 6. Januar 1900 wurde die „Gewerbeordnung“ für das Deutsche Reich mit dem Schwerpunkt auf Preußens Basis war die „Reichs-Gewerbeordnung“ vom 1. Januar 1873, die „Allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln“ und angeschlossene Gesetze sowie Auslegungsgesetze wurden laufend dem sich weiterentwickelten Kenntnisstand und den vorliegenden Einsatzverfahren angepasst.

# Spezialfabrik für den Bau von Lokomobilen und Dampfreschmaschinen.

••••• Weitehendste Garantie. •••••



••••• Vollkommenste Bauart. •••••

Lokomobile von Petermann